

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**

**Přírodovědecká fakulta**

Katedra zoologie

Studijní program: Zoologie

Studijní obor: N-ZOOOB (navazující magisterské studium)



Bc. Eliška Macháčková

**OS CORDIS SAVCŮ**

**OS CORDIS IN MAMMALS**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Jan Robovský, Ph.D.

Konzultant: prof. RNDr. Ivan Horáček, CSc.

Praha 2024

## Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu své diplomové práce RNDr. Janu Robovskému, Ph.D. za cenné rady, odborné vedení a věnovaný čas. Dále patří velké poděkování Ing. Jiřímu Turkovi (katedra myslivosti a lesnické zoologie, Fakulta lesnická a dřevařská, ČZU) za pomoc při radiologické části výzkumu, ochotu kdykoliv poradit a velký zájem o zkoumanou problematiku. Za pomoc též děkuji Mgr. Michaele Másílkové a Ing. Kláře Matějka Košinové, Ph.D. za pomoc s logistikou vzorků a cenné rady. Poděkování patří také zoologickým zahradám za pomoc při získání početného a jedinečného studovaného materiálu, konkrétně Zoo Dvůr Králové a zde Bc. Lud'ku Čulíkovi a Zoo Praha a zde MVDr. Romanovi Vodičkovi, Ph.D a České zemědělské univerzitě v Praze, konkrétně Fakultě lesnické a dřevařské za možnost používání CT výpočetního tomografu. V neposlední řadě patří dík rodině včetně mých dvou šelem a přátelům za podporu, která byla při studiu i psaní práce velmi důležitá.

## Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 30. 4. 2024

Eliška Macháčková

## Abstrakt

Tato práce se zaměřuje na studium os cordis, specifické anatomické struktury nacházející se v oblasti vazivových trigonů srdečního svalu a s vysokou pravděpodobností sloužící jako mechanická podpora aorty a atrioventrikulárních chlopní během srdečního cyklu. V rámci práce byla os cordis analyzována pomocí výpočetní tomografie (CT) na rozsáhlém vzorku srdcí rozmanité druhové příslušnosti, získaných převážně ve spolupráci s českými zoologickými zahradami. Součástí této studie je i rešeršní část, která zpracovává data z dosud publikovaných studií zahrnujících toto téma. Veškerá získaná data, jak z vlastního výzkumu, tak z literárních zdrojů, byla následně podrobena statistické analýze a korelačním studiím za účelem identifikace souvislostí mezi zkoumanými parametry. Pro budoucí studie tak bude dozajista přínosem informace o nejvyšší korelaci os cordis s věkem a konkrétní druhovou příslušností jedince a o vysoké míře souvislosti mezi velikostí os cordis a hmotností srdce. Na základě datasetů byly také vytvořeny kladogramy pro lepší porozumění evolučnímu vývoji této anatomické struktury. Vyhodnocením porovnání různých parametrů os cordis mezi jednotlivými taxony byla potvrzena původní predikce směřování vývinu této struktury směrem k podskupinám taxonu Artiodactyla, přestože i mezi druhy tohoto řádu jsou patrné značné rozdíly. Doposud nebyla publikována žádná studie čítající takto rozsáhlý dataset vzorků v kombinaci s použitím moderní radiologické techniky, a proto snad tato práce přináší nové pohledy na problematiku os cordis a přispívá tak k rozšíření poznání o této zajímavé anatomické struktuře.

**Klíčová slova:** os cordis, srdeční skelet, fylogeneze, výpočetní tomografie

## Abstract

This thesis focuses on the study of the os cordis, a specific anatomical structure located in the region of the fibrous trigones of the heart muscle. It serves with a high probability as mechanical support for the aorta and atrioventricular valves during the cardiac cycle. As part of the work, the os cordis was analyzed using computed tomography (CT) on a quite large taxa sampling of hearts of various species, obtained mainly in cooperation with Czech zoological gardens. This study also includes a review of published literature. All data obtained from our own research and from literary sources, were subsequently subjected to statistical and phylogenetic analyses in order to identify relationships between the investigated parameters. Considering detected correlations, we could recommend to collect at least these data in future studies: heart weight, volume and density of os cordis. Reconstructions of os cordis evolution detected quite complex evolution of this heterotypic bone. Until now, no study has been published including such an extensive dataset of samples in combination with the use of modern radiological techniques, and therefore this work brings perhaps new perspectives to the issue of the os cordis and thus contributes to the expansion of knowledge about this interesting anatomical structure.

**Key words:** os cordis, cardiac skeleton, phylogeny, computed tomography

# Obsah

1	Úvod.....	1
1.1	Anatomie trigonum fibrosum a lokalizace os cordis.....	1
1.2	Anatomie a histologie os cordis .....	2
1.3	Funkce os cordis.....	3
2	Cíle práce.....	4
3	Materiál a metodika.....	5
3.1	Rešeršní část.....	5
3.2	Praktická část.....	6
3.2.1	Sběr dat.....	6
3.2.2	Příprava materiálu a skenování .....	6
3.2.3	Vyhodnocení získaných dat .....	9
4	Výsledky.....	13
4.1	Rešeršní část.....	13
4.2	Analytická část .....	18
4.3	Fylogenetická distribuce os cordis .....	22
4.4	Rozměry os cordis ve fylogenetickém zhodnocení.....	25
4.4.1	Délka os cordis dextrum.....	26
4.4.2	Délka os cordis sinistrum .....	28
4.4.3	Objem os cordis dextrum .....	30
4.4.4	Objem os cordis sinistrum.....	31
4.4.5	Denzita os cordis dextrum.....	32
4.4.6	Denzita os cordis sinistrum .....	34
5	Diskuze.....	36
5.1	Rešeršní práce .....	36
5.2	Statistické zhodnocení.....	36
5.2.1	Korelace přítomnosti a velikosti os cordis s věkem .....	37
5.2.2	Fylogenetické rekonstrukce.....	39
5.3	Detailnější diskuze výskytu a parametrů pro dílčí skupiny savců .....	41
5.3.1	Artiodactyla.....	43
5.3.2	Perissodactyla.....	46
5.3.3	Carnivora.....	46
5.3.4	Rodentia .....	48
5.3.5	Proboscidea .....	48
5.3.6	Primates.....	49
5.3.7	Výskyt os cordis u člověka.....	49

6	Závěry a perspektivy .....	50
7	Literatura .....	51

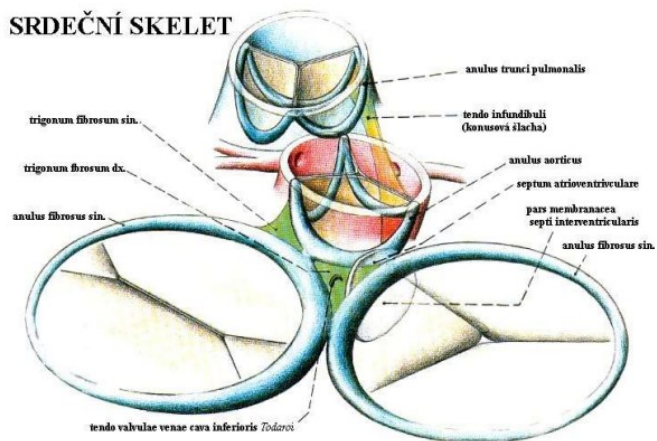
# 1 Úvod

Os cordis je popisována jako heterotopická nebo ektopická kost, v případě existence více kusů jako kosti, ležící v blízkosti spojení mezikomorové a mezisíňové přepážky (septa) pozorována běžně u přežvýkavců (James, 1965). Spolu s chrupavkou a tuhým vazivem tvoří tzv. srdeční skelet, skládající se ze dvou vazivových trigonů, který může mít funkci stabilizace aorty a udržení tvaru srdce při kontrakci a relaxaci. V maximálním stupni vývinu je samotná os cordis složena ze spongiózní a kompaktní kostní tkáně s červenou kostní dřeví. V okolí samotné kosti pak může být pozorována hyalinní, vazivová a kalcifikovaná chrupavka nebo jen vazivo (Egerbacher et al., 2000; Ghonimi, 2014).

Srdeční kost byla s největší pravděpodobností pozorována již před začátkem našeho letopočtu. Už samotný Aristoteles, který zkoumal anatomii srdce, byl obeznámen s existencí vazivových trigonů, a následně o čtyři století později se v Galenových studiích objevují jak první přesné zmínky o samotné os cordis, tak i podrobnější popis srdečního skeletu (James, 1965; Salas, 2013). Přesto není tato kůstka dostatečně prozkoumána a nabízejí se otázky typu, proč u některých druhů tato osifikace vzniká a u jiných nikoliv, zda se os cordis tvoří již během prenatalního vývoje či až v určitém věku jedince a u jakých konkrétních druhů je její přítomnost pravidlem, což by mohlo naznačovat její určitou funkci. Tato práce si klade za cíl nalézt odpovědi na některé tyto otázky a přispět tak k dosavadnímu výzkumu a míře poznání.

## 1.1 Anatomie trigonum fibrosum a lokalizace os cordis

Srdeční skelet je pevná tkáň skládající se ze čtyř vazivových prstenců ukotvujících srdeční chlopně. Dva prstence (anulus fibrosus sinistrum a anulus fibrosus dextrum) se nacházejí v místech ukotvení mitrální chlopně (valva mitralis) a trojcípé chlopně (valva tricuspidalis). Jsou tvořeny ze svazků kolagenních a elastických vláken (Gray, 1995). Další podpírají na bázi plicnici (anulus trunci pulmonalis) a aortu (anulus aorticus). Mezi anulus fibrosus sinistrum, anulus aorticus a anulus fibrosus dextrum vzniká první vláknitý trigon – trigonum fibrosum dextrum. Druhý vláknitý trigon se nachází vedle mezi anulus fibrosus sinistrum a aorticum. Tyto trigony jsou nejtlustší struktury v srdečním skeletu, a právě zde se objevuje kostní tkáň (Balah et al., 2014; Dellman, 1998).



Obr. 1 - Srdeční skelet. Převzato z Čihák, 2016.

Do srdeční svaloviny se zapojuje vazivová, chrupavčitá a kostní tkáň. Tím je získána pevná struktura držící tvar srdce a zároveň oddělující elektrické signály mezi komorami a síněmi (Egerbacher et al., 2000; Ghallab, 2000).

V oblasti obou vazivových trigonů se může vyskytovat kompaktní kostní tkáň - os cordis. Pravidelněji je pozorována os cordis dextrum, která sahá od báze aorty ke koronárnímu sinu. Leží nad atrioventrikulárním uzlem, jehož vlákna vedou právě podél ní. Méně častá je tvorba os cordis sinistrum v levém vazivovém trigonu (Daghash & Farghali, 2017; James, 1965). Výjimečně jsou pozorovány drobné kůstky v aortální chlopni a stěně, někdy nazývané jako os aorta (Egerbacher et al., 2000; Matumoto, 1938). Tyto kosti mohou u starších jedinců v podstatě podírat celý kořen aorty a napomáhat tak její funkci (De Almeida et al., 2020).

## 1.2 Anatomie a histologie os cordis

Je předpokládáno, že u sudokopytníků srdeční heterotypické kosti vznikají z tkáň vazivových prstenců s mezistádiem chrupavky, tedy enchondrální osifikací (Durán et al., 2004; Egerbacher et al., 2000; Ghonimi & Abuel-atta, 2016; Moittié et al., 2020), při níž matrix vazivové chrupavky s obsahem kolagenu kalcifikuje především na okrajích (Ghonimi, 2014). Tento pohled na vznik os cordis potvrzují i výskyty chrupavčitých ložisek u velmi mladých jedinců těch druhů, které v dospělosti mají ve stejné anatomické poloze běžně přítomnou samotnou os



cordis (Ghonimi & Abuel-atta, 2016; James & Drake, 1968). Ovšem u některých druhů se ani v dospělých stádiích chrupavčitá tkáň v kost nepřemění (Best et al., 2022).

Hyalinní chrupavčitá ložiska jsou zpravidla uložena v části vazivového prstence a skládají se ze shluku chondrocytů dokola obklopených propletenými svazky kolagenových vláken a elastinu (Durán et al., 2004). Tato chrupavčitá tkáň se plynule napojuje na okolní vazivovou chrupavku a následně na hustou pojivovou tkáň, na kterou se připojují srdeční svaly (Durán et al., 2004; Ghonimi & Abuel-atta, 2016). Okolní vazivové trigony jsou též složeny z husté pojivové tkáně (Ghonimi, 2014). Samotné os cordis dextrum a sinistrum, které může v nejvyvinutějším stádiu tvořit trabekulární kost s kostní dřeví a hemopoetickými buňkami, mohou být obklopené vazivem, hyalinní, vazivovou či kalcifikovanou chrupavkou (Ghonimi, 2014); Daghash & Farghali, 2017). Při histologickém šetření mohou být pozorovány u os cordis osteocyty (klidové formy osteoblastů), aktivní osteoblasty a osteoklasty (El-Gendy et al., 2023). U savců jako jsou psi nebo kočky, kde je osifikace považována za patologický jev, se ukládají rovnou do pojivové tkáně vápenaté soli fosforečnanů a křemičitanů a vzniká degenerace tkáně. Tento proces je nazývaný ektopická mineralizace (Douglass et al., 2003; Egerbacher et al., 2000; Woodard et al., 1982). Pravá kostní tkáň může vznikat ale i u druhů, kde se počítá spíše s patologickou kalcifikací. Je tomu tak například u vyder a šimpanzů. (Best et al., 2022; Egerbacher et al., 2000; Moittié et al., 2020; Yoshida et al., 2022).

Os cordis se liší mezi druhy, ale i vnitrodruhově, velikostí a tvarem (Best et al., 2022; Long & Smart, 1998), zpravidla jde však o protaženou tyčinkovitou nebo půlprstencovitou (půlkruhovitou) kůstku. Z hlediska tvaru bývá v myslivecké komunitě poptávána os cordis ve tvaru křížku, kvůli kterému je nazývána hubertkou („svatohubertský křížek“) (Knápek 2007).

### 1.3 Funkce os cordis

Dosud není s přesnou jistotou určen význam os cordis pro fungování srdce, nicméně je navrženo hned několik teorií, které se ale vzájemně nemusí nutně vylučovat. Tou první a nejčastěji zmiňovanou je ukotvení srdečního svalstva a podpora aorty při systole, při níž dochází k vysokému mechanickému napětí (Egerbacher et al., 2000; Frink & Merrick, 1974). To bylo pozorováno nejen u velkých savců (James, 1965; Pour, 2004), ale např. i křečků zlatých (*Mesocricetus auratus*) a vydry říční (*Lutra lutra*), kde byla v srdcích pozorována přítomnost malých chrupavčitých či kostěných ložisek, napomáhajících udržení tvaru srdce při srdečním

pohybu (Durán et al., 2004; Egerbacher et al., 2000). Tuto teorii podporuje i fakt, že se os cordis plně vyvíjí až po porodu, kdy je srdce vystavováno vyššímu mechanickému stresu. Zároveň nebyla doposud pozorována jakákoliv vazivová tělesa či chrupavčitá tkáň v srdcích kytovců (Cetacea), kteří žijí ve vznášivém vodním prostředí (James et al., 1995), přestože jsou z fylogenetického hlediska vnitřní skupinou sudokopytníků (Artiodactyla), kde je výskyt os cordis relativně typický (viz níže). Naopak je přítomna u jiného mořského savce lachtana ušatého (*Eumetopias jubatus*), který se však pravidelně vynořuje a srdce je tedy vystaveno většímu tlaku ve chvílích jeho pohybu na pevnině (Yoshida et al., 2022).

Os cordis by také mohla hrát roli při stabilizaci měkkých tkání ukotvením srdečních svalů a bránit nadměrné dilataci atrioventrikulárních chlopní (Balah et al., 2014; Daghash & Farghali, 2017). Podobnou funkci zajišťuje v lidském srdci fulcrum, malá chondroidní struktura, nacházející se v místech pravého vazivového trigonu (De Almeida et al., 2020; Trainini 2021). Obecně je ovšem mimo sudokopytníků (Artiodactyla) považována tvorba kostěných elementů v srdci za patologický jev spojený s rozvojem kardiovaskulárních onemocnění (James & Drake, 1968; Matsuda et al., 2010; Moittié et al., 2020, Liu et al., 1975).

## 2 Cíle práce

Ústředním cílem této práce je předložení kritické rešerše dosud publikovaných výsledků vědeckých studií týkajících se přítomnosti os cordis u savců, se zvláštní pozorností k fylogenetické distribuci, incidenci v rámci studovaných druhů a rozsahu osifikace na škále vazivo – chrupavka – kost.

Dalším cílem je této práce je analytické detailní srovnání shromážděného materiálu, především ve spolupráci s českými zoologickými zahradami, se zvláštní pozorností k fylogenetické distribuci, incidenci, velikosti a počtu os cordis v rámci studovaných druhů, za použití počítačové tomografie a grafické analýzy dat.

Cílem práce je také pokus o určení korelace mezi přítomností, velikostí a počtu os cordis a parametry studovaných jedinců, jakými je druhová příslušnost, pohlaví, věk a velikost. Je předpokládáno, že by stáří jedinců mohlo mít vliv na stupeň a rozsah osifikace (Durán et al.,

2004; Egerbacher et al., 2000). Toto tvrzení je však ještě třeba řádně doložit na větším počtu jedinců a studovaných druhů, o což se práce pokusí.

Zajímavým předmětem zkoumání je dozajista i anatomická poloha os cordis či jejích vývojových stupňů. U sudokopytníků se zpravidla primárně kost tvoří v pravém vazivovém trigonu, druhá kost pak u některých z nich vzniká v levém vazivovém trigonu. Jsou však zaznamenány případy, kdy v srdci osifikují místa mimo tyto polohy (Durán et al., 2004; Egerbacher et al., 2000; Matsuda et al., 2010).

Práce také věnuje pozornost vzniku osifikace v souvislosti s kardiovaskulárními patologiemi jako možnou příčinou vzniku těchto onemocnění a možnou příčinou úmrtí jedinců (James & Drake, 1968; Matsuda et al., 2010; Moittié et al., 2020). Tato část bude vycházet primárně z rešeršní a zejména veterinárně podložené části studie.

## 3 Materiál a metodika

### 3.1 Rešeršní část

Rešeršní fáze tohoto výzkumu spočívala v systematickém prohledání dostupné literatury, především anglicky psaných studií, ve dvou renomovaných databázích, PubMed a Web of Science. Kromě toho byla také použita databáze Google Scholar pro další dohledání relevantních zdrojů. K vyhledání byla použita klíčová slova jako os cordis, heart skeleton, heart anatomy, cardiac anatomy, heart bone, a kombinace těchto termínů pomocí operátoru AND. Po důkladném zvážení relevance jednotlivých zdrojů bylo použito celkem 53 studií, ze nichž bylo vybráno 48 relevantních pro extrahování údajů o os cordis do tabulární podoby. Tento dataset pak sloužil jako základ pro další interpretaci a diskusi (viz. Tabulky 1-6).

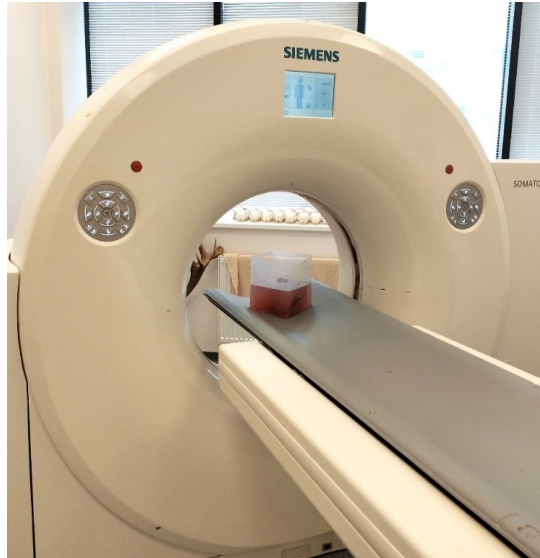
## 3.2 Praktická část

### 3.2.1 Sběr dat

S pomocí Safari Parku Dvůr Králové (sběr srdcí a údaje zajištěny kurátorem Bc. Luděkem Čulíkem), Zoo Praha (sběr srdcí zajištěn MVDr. Romanem Vodičkou, Ph.D., údaje poskytnuty opět dr. Vodičkou, částečně Mgr. Barborou Dobiášovou), Obory Židlov (sběr srdcí a údaje zajištěny Ing. Miloslavem Zikmundem), Zoo Plzeň (sběr srdcí a údaje zajištěny kurátorkou Miroslavou Palackou) a sbírek katedry zoologie PřF JU byla shromážděna vzorková kolekce 183 srdcí pocházející od 43 různých druhů savců, převážně z řad sudokopytníků (viz Přílohy 1-2).

### 3.2.2 Příprava materiálu a skenování

Srdce byla na místě úhynu či eutanazie zvířete odebrána, zamražena a umístěna do plastových folií, aby nedocházelo v mrazicím boxu k vysoušení až mumifikaci. Po převozu do laboratoře České zemědělské univerzity v Praze byla srdce šetrně rozmražena ve vodě, změřena a zvážena. Každé srdce bylo změřeno pro tři údaje – maximální výška, šířka (obojí posuvným měřítkem) a obvod v nejširší části (kovovým úzkým pásmem). Pro samotné skenování byla jako nejvhodnější metoda vyhodnocena fixace celých srdcí v technickém lihu (94% ethanolu) v plastové nádobě, jelikož tento roztok poskytuje vysoký kontrastní rozdíl oproti živým tkáním. Srdce byla do nádob umístěna plicnicí nahoru či postavena plicnicí směrem vně gantry. Samotné skenování probíhalo na výpočetním tomografu CT Scanner Siemens SOMATOM Scope (umístěném v High-tech pavilonu Fakulty lesnické a dřevařské České zemědělské univerzity v Praze).

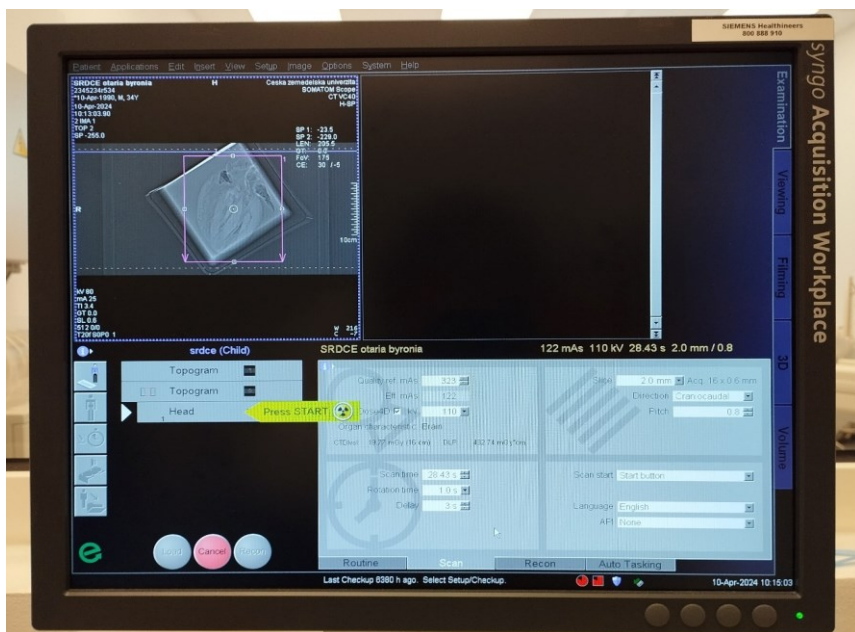


Obr. 2 - Skenování srdce na výpočetním tomografu CT Scanner Siemens SOMATOM Scope.



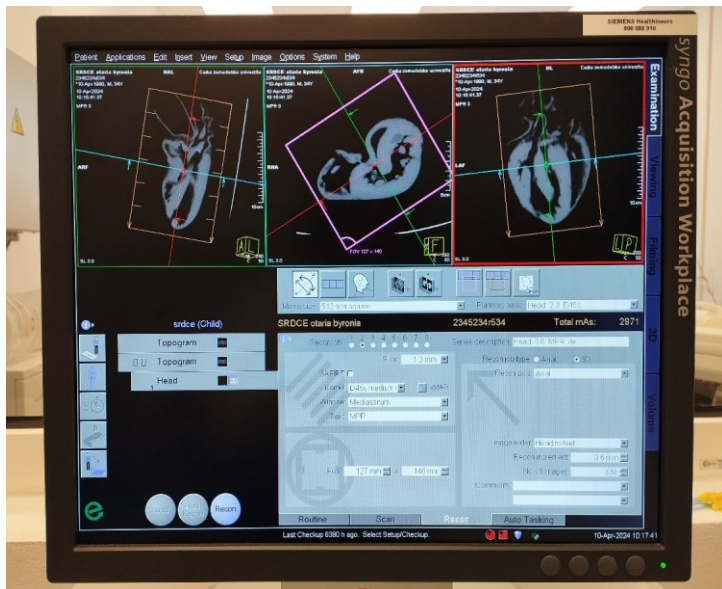
Obr. 3 - Uložení srdce do nádoby s lihem plicnici vzhůru

Pro snímání byl použit protokol, který je běžně používán pro snímání lidského srdce, jelikož je toto zařízení primárně vyráběno a nastaveno jako humánní zdravotnický přístroj. Pro parametry skenování viz obrázek č. 4.



Obr. 4 - Nastavení parametrů pro skenování srdce

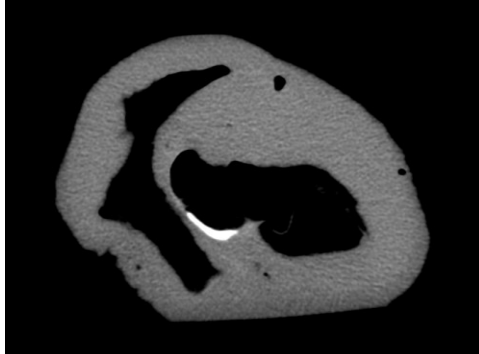
Výsledné snímky byly vizualizovány v multiplanárním zobrazení (MPR), ve kterém rekonstrukce vychází z trojrozměrného obrazu, přičemž byla použita základní axiální rovina (apiko-basální z anatomického hlediska). Pomocí těchto rekonstrukcí byla možnost jednoznačně potvrdit nebo vyvrátit přítomnost os cordis. Snímky srdcí obsahujících os cordis nebo jinou tkáň s výrazně vyšší denzitou, než je okolní srdeční svalovina, byly následně uloženy ve formátu DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine). Tento formát, původně vytvořený pro medicínské účely, umožňuje následné provádění dalších rekonstrukcí a lepší manipulaci se snímky.



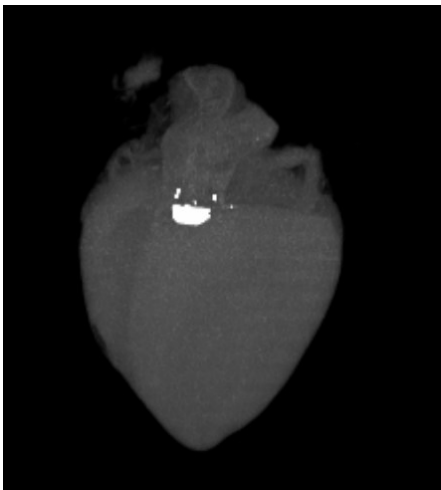
Obr. 5 – Prvotní rekonstrukce naskenovaného srdce v MPR.

### 3.2.3 Vyhodnocení získaných dat

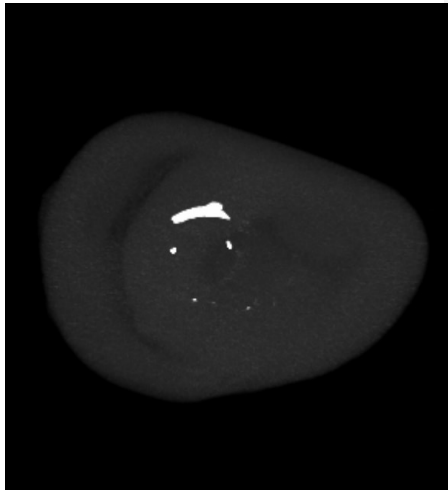
Pro další analýzu dat byl použit program Horos (Horos 3.0 software (Horos Project, Annapolis, MD, USA): DICOM medical images viewer), který umožňuje efektivní práci se soubory DICOM. Zásadním úkolem bylo stanovení maximální a minimální denzity (tzv. prahových hodnot) pro identifikaci kostní tkáně a následné výpočty objemu srdce a samotné os cordis. Pro skenování os cordis na výpočetním tomografu byla jako minimální denzita stanovena hodnota 100 HU (Hounsfieldovy jednotky). Pro zobrazení kostí v lidském těle je obvykle doporučena škála 300 až 3000 HU (Schreiber et al., 2011), nicméně os cordis je tkáň, která byla dosud zkoumána z pohledu denzity minimálně. Po konzultaci s radiologickým asistentem byla hodnota snížena pro lepší detekci vyvíjející se kostní tkáně. Je tedy důležité poznamenat, že skeny získané v této studii mohou v některých případech obsahovat i menší část osifikující chrupavky. Nicméně nastavení této minimální denzity bylo pro všechna zkoumaná srdce stejné, aby se minimalizovala možnost chyby. Pro každé srdce byla následně v aplikaci vytvořena rekonstrukce pomocí techniky volume rendering (VRT), která je založena na trojrozměrném zobrazení objektu na základě denzitních intervalů. Tato technika umožňuje zobrazit různé denzity tkáně v odlišných odstínech šedé barvy a průhlednosti.



Obr. 6 - Základní 2D rekonstrukce při identifikaci os cordis (dorzální pohled). Srdce patří samici *Connochaetes gnou*.



Obr. 7 – VRT rekonstrukce srdce samice *Connochaetes gnou* (frontální pohled)

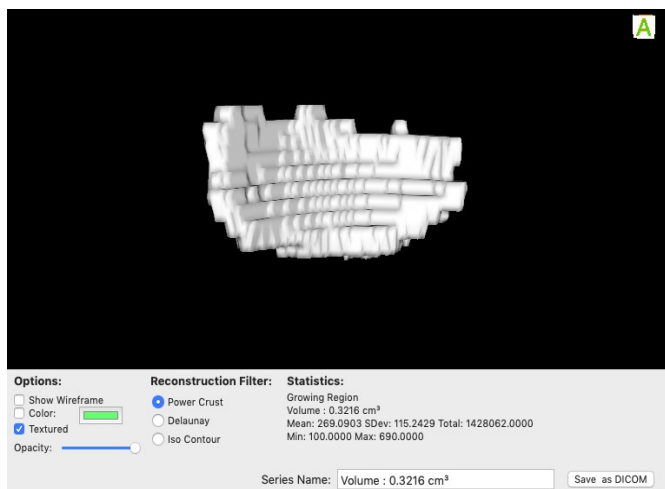


Obr. 8 – VRT rekonstrukce srdce samice *Connochaetes gnou* (dorzální pohled)

Rozptyl denzit měřených tkání se následně vyhodnotil individuálně pro každé srdce a každou os cordis jako denzita v oblasti zájmu (ROI – Region of Interest). Následně byly pomocí VRT rekonstrukce a ROI funkce změřeny pro tuto studii důležité parametry, kterými jsou objem, délka a šířka os cordis a objem samotného srdce. Tato data byla integrována do sjednoceného datasetu vytvořeného v programu Microsoft Excel pro další statistickou analýzu.

- nastavil formátování: Písmo: 9 b., není Kurzíva
- nastavil formátování: Písmo: 9 b., není Kurzíva
- nastavil formátování: Písmo: 9 b., není Kurzíva
- nastavil formátování: Písmo: 9 b., není Kurzíva
- nastavil formátování: Písmo: 9 b., není Kurzíva
- nastavil formátování: Písmo: 9 b., není Kurzíva
- nastavil formátování: Písmo: 9 b., není Kurzíva
- nastavil formátování: Písmo: 9 b., není Kurzíva





Obr. 9 – Rekonstrukce os cordis pomocí funkce ROI.

Pro případné zmenšení počtu sledovaných parametrů os cordis při statistickém zhodnocení bylo použito parametrické korelace čtyř sledovaných parametrů srdce (výška, šířka, obvod, hmotnost) a pěti parametrů (objem, délka, šířka, průměrná a maximální denzita) pro os cordis dextrum a sinistrum. Obě os cordis byly vůči sobě také porovnány z hlediska vzájemných korelací.

Pro zhodnocení efektu vysvětlujících proměnných na jednotlivé parametry os cordis byly použity zobecněné lineární smíšené modely (GLMM) nebo lineární modely (LM).

Jako vysvětlované proměnné byly vybrány na základě korelací počet os cordis (žádná-jedna-dvě), objem a maximální denzita pravé (dextrum) a levé (sinistrum) os cordis, které budou níže uváděny jako první (hlavní) a druhá (doplňková) os cordis.

Jako vysvětlované proměnné byly vybrány druhová příslušnost (druh či poddruh), pohlaví (samec či samice), věk (ve dnech) a hmotnost srdce (kg). Všechny sledované vysvětlované proměnné byly aproximovány Poissonovým rozdělením. Pro zhodnocení efektu jednotlivých proměnných byl použit likelihood ratio test pro Poissonovo rozdělení (Chí kvadrát test). Pro porovnání hodnot jednotlivých kategoriálních proměnných byl použit post hoc test pro Poissonovo rozdělení (z test). Všechny výpočty byly provedeny v programu R pro Windows (verze 1.4.1106 © 2009-2021 RStudio, PBC). Grafy zobrazující parametry os cordis

v závislosti na věku některých sledovaných druhů (s vzorkováním vyšším než 5 jedinců) byly vytvořeny v programu Statistica (verze 14.0.0.15 – TIBCO 2020).

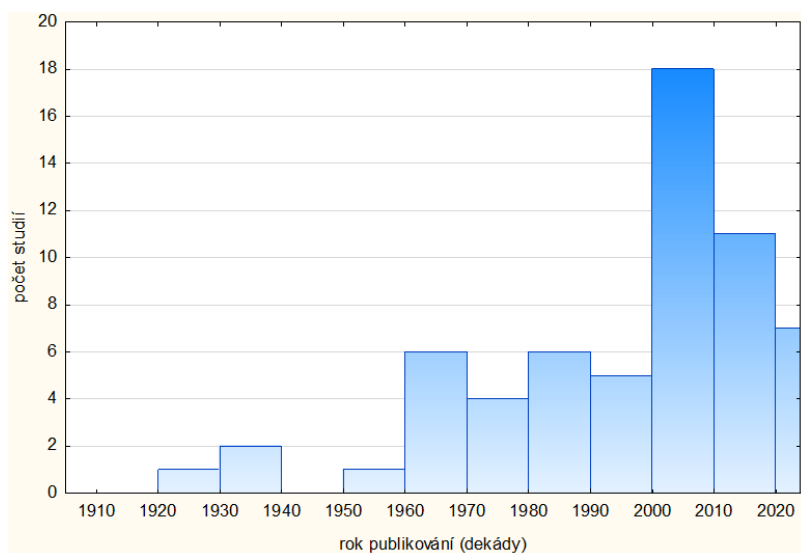
Evoluce dílčích kontinuálních parametrů *os cordis* byla rekonstruována s použitím maximální parsimonie v programu Mesquite v3.81 (Maddison & Maddison, 2023). Pro námi analyzované druhy byly použity průměrné hodnoty naměřených rozměrů pro dospělá zvířata (pro věk, pohlavní či sociální dospělosti bylo použito těchto review: Castelló, 2016; Huffman, 2024; Wilson & Mittermeier, 2011). Pro vizualizaci námi studovaných druhů v kombinaci s údaji z literatury byly použity kvůli maximalizaci porovnatelnosti a lepšímu taxonomickému vzorkování maximální údaje pro dílčí parametry *os cordis*. Rekonstrukce kontinuálních znaků používá tzv. squared change optimalizaci a byla vytvořena pro kompozitní kladogram z těchto zdrojů: Meredith et al., 2011; Hassanin et al., 2012; Hassanin et al., 2021, Steiner & Ryder, 2011.

## 4 Výsledky

### 4.1 Rešeršní část

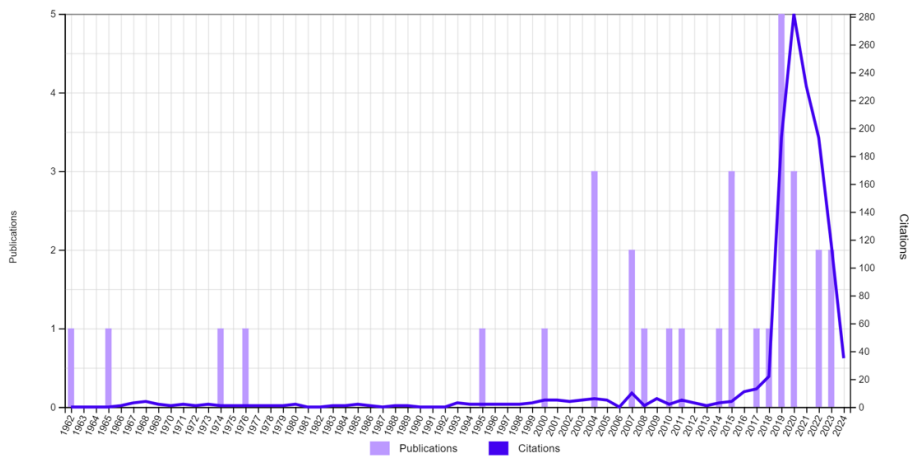
Celkově se povedlo získat 53 detailních studií, které v nějaké podobě zmiňovaly os cordis či alespoň srdeční skelet. Pro tvorbu samotné rešeršní tabulky (viz. Tabulky 1-6) však byly vybrány pouze určité studie, které se pro své dostatečné informace zdály relevantní.

Z hlediska vročení studií lze říci, že od 60. let 20. století do roku 2000 byl počet ustálený, od roku 2000 jsou počty vyšší (viz obrázek 10).



Obr. 10 – Histogram studií zmiňujících os cordis v rámci současného a minulého století. (zdroj: Citation Report graphic is derived from Clarivate *Web of Science*, Copyright Clarivate 2024. All rights reserved.)

Pokud je použita vizualizace 32 studií nalezených v databázi Web of Science, pak počet studií a citací je na obr. 11.



Obr. 11 – Graf znázorňující publikace a citace studií zmiňujících os cordis v rámci recentního a minulého století. (zdroj: Citation Report graphic is derived from Clarivate *Web of Science*, Copyright Clarivate 2024. All rights reserved.)

Zaměření článků je pak na obrázku 12 – z obrázku lze vypožorovat, že většina studií je zaměřena logicky veterinárně či morfologicky.



Obr. 12 – Graf znázorňující publikace a citace studií zmiňujících os cordis v rámci zaměření jednotlivých studií. (zdroj: Citation Report graphic is derived from Clarivate *Web of Science*, Copyright Clarivate 2024. All rights reserved.)

Nalezené studie se zaměřovali na 16 čeledí z 6 savčích řádů. Nápadná je taxonomická disproporce, kdy je naprostá většina studií navázána na nadřádovou skupinu Laurasiatheria, což je pravděpodobně dáno pravidelným výskytem os cordis u sudokopytníků. Mimo ni byly pouze dvě studie věnovány slonům (Endo et al., 2005; King et al., 1938) z nadřádové skupiny Afrotheria a dvě studie skupině Euarchontoglires (křeček - Durán et al., 2004; Kelsall & Visci,

1970). U skupiny Laurasiatheria jsou k dispozici údaje o dvou lichokopytnících (nosorožec tuponosý – Erdoğan et al., 2014, a domácím koni – Matsuda et al., 2010), u šelem byly studovány čtyři druhy (jeden ploutvonožec – Yoshida et al., 2022, vydra – Egerbacher et al., 2000, kočka domácí – dvě studie (Liu et al., 1975; Schwarz et al., 2002) a nejvíce pozornosti bylo věnováno domácímu psu – 8 studií (viz. Tabulka 3). Nejvíce studií je k dispozici k sudokopytníkům – celkem 29 studií pro 6 čeledí, přičemž nejlepší taxonomické pokrytí čeledí mají velbloudoví (5). Nejvíce studií (18) je k dispozici pro turovité, převážně domácí zástupce (skot, zebru, ovce, koza). Divokým druhům jsou věnovány pouze 2 studie (Duan et al., 2017; Müller, 1986).

Detailní údaje o vzorkování, incidenci os cordis dextrum a sinistrum, popř. věk studovaných jedinců, je uveden pro druhy s citacemi v Tabulkách 1-6. Její velikost se zpravidla vyjadřuje metricky (nejtypičtější délka) (např. Yoshida et al., 2022), vzácněji hmotnostně (např. Long & Smart, 1998) a žádná studie nebyla měřena objemově. Denzita se objevuje jen v pracích (Moittié et al., 2020;) v souvislosti s rostoucím využitím CT technologie. Většina studií je z historických důvodů dokumentována klasickým morfologickým způsobem (po vyjmutí ze srdce), v posledních letech je nápadné použití CT a mikroCT technologií pro detailní dokumentaci včetně právě možnosti jemné detekce osifikovaných ložisek a denzity i drobnějších okrsků osifikované tkáně (De Almeida et al., 2015, 2020; El-Gendy et al., 2023; Endo et al., 2005; Massari et al., 2022; Moittié et al., 2020).

U řady studií se výskyt a velikost os cordis konstatuje, ale nedochází k porovnání jejího výskytu s ohledem k velikosti jedince, věku, pohlaví. Pokud se hodnotí spojitost os cordis s nějakými parametry, pak je to nejčastěji věk jedince (Balah et al., 2014; Campbell, 1997; Daghash & Farghali, 2017; De Almeida et al., 2020; Douglass et al., 2003; Durán et al., 2004; Egerbacher et al., 2000; Long & Smart, 1998; Moittié et al., Müller, 1986; 2020; Soberano, 2007; Schwarz et al., 2002), vzácně velikost jedince (Douglass et al., 2003; Long & Smart, 1998). Některé studie se snaží posoudit výskyt os cordis s patologií – (Aupperle et al., 2008; Caro-Vadillo et al., 2004; Douglass et al., 2003; Dupuy-Mateos et al., 2008; James & Drake, n.d.; Liu et al., 1975; Matsuda et al., 2010; Moittié et al., 2020; Sandusky et al., 1979; Schwarz et al., 2002), přičemž se tomuto téma věnují převážně veterinární studie zaměřující se na domestikované druhy chováající se doma jako společníci (pes, kočka, kůň).

Velikost os cordis a počet bude dále komentován při rekonstrukcích os cordis s použitím kladogramů.

Z hlediska histologie osifikace srdečního skeletu se k němu vyjadřuje cca polovina studií. Kromě kosti byla ve studiích konstatována hustá kolagenní vlákna (např. u člověka - El-Busaidy et al, 2012), vazivová chrupavka (např. u jaka a prasete domácího - Duan et al., 2017 a Goméz-Torres et al., 2021), hyalinní chrupavka (např. u prasete domácího a psa domácího - Murata & Yamada, 1986 a Aupperle et al., 2008), v některých případech šlo o chondro- či osteosarkom (např. u psa domácího - Caro-Vadillo et al., 2004; Dupuy-Mateos et al., 2008).

Okomentoval(a): [JR1]: Citace  
<https://www.ajol.info/index.php/aja/article/view/116018>

Druh	Čeleď	Věk (roky)	Incidence os cordis		Délka (cm)		Zdroj
			dextrum	sinistrum	dextrum	sinistrum	
<i>Bos taurus</i>	Bovidae	–	66,6 % (3)	66,6 % (3)	5 cm	2 cm	Campbell, 1997
<i>Bos taurus</i>		–	ano	ne	–	–	DeAlmeida et al., 2015
<i>Bos taurus</i>		2–4	ano	ano	–	–	DeAlmeida et al., 2020
<i>Bos taurus</i>		–	100 % (8)	37,5 % (8)	m 1 cm	–	James, 1965
<i>Bos taurus</i>		–	100 % (80)	50 % (80)	m 3,6 cm	m 1,87 cm	Pour, 2004
<i>Bos indicus</i>		–	ano	–	–	–	Akhtar et al., 2011
<i>Bos indicus</i>		2–4	ano	ano	–	–	Islam et al., 2006
<i>Bos mutus</i>		–	0 % (10)	0 % (10)	–	–	Duan et al., 2017
<i>Bubalus bubalis</i>		(0) 3–5	93,3 % (15)	93,3 % (15)	5,3–6	2,3–2,6	Daghash & Farghali, 2017
<i>Bubalus bubalis</i>		(1,5) 7–19	86 % (7)	ano	4–5,5	2,3–3	David, 1937
<i>Bubalus bubalis</i>		m 8,1	100 % (1)	0 % (1)	–	–	Maguigad & Balagan, 2021
<i>Bubalus bubalis</i>		–	ano	–	–	–	Soberano, 2007
<i>Rupicapra rupicapra</i>		–	ano (5)	ano (5)	1–1,4	–	Müller, 1986
<i>Capra ibex</i>		–	ano (18)	ano	2–2,7	–	Müller, 1986
<i>Capra hircus</i>		1,5–2	44 % (50)	0 % (50)	m 1,7	–	Mohammadpou & Arabi, 2007
<i>Capra hircus</i>		–	ano	ne	–	–	Nabipur, 2002
<i>Ovis aries</i>		–	ano	–	–	–	Della Barbera, 2005
<i>Ovis aries</i>		1,5–2	52 % (50)	0 % (50)	m 1,8	–	Mohammadpour, 2007
<i>Ovis aries</i>		0,3	100 % (1)	0 % (1)	0,65	–	Massari et al., 2022
<i>Ovis aries</i>		–	100 % (25)	40 % (25)	1–1,5	–	Frink & Merrick, 1974
<i>Giraffa camelopardalis rothschildi</i>	Giraffidae	–	100 % (1)	0 % (1)	–	–	Perez et al., 2008
<i>Cervus elaphus</i>	Cervidae	0,5–15+	ano (206)	ne	0,8–2,8	–	Müller, 1986
<i>Dama dama</i>		–	ano (14)	ne	0,8–2,1	–	Müller, 1986
<i>Capreolus capreolus</i>		–	ano (109)	ne	0,9–2,1	–	Müller, 1986
<i>Odocoileus virginianus</i>		–	40 % (10)	0 % (10)	m 2,0	–	Rump, 1975
<i>Odocoileus virginianus</i>		0,5–6+	100 % (84)	–	m 1,9–2,24	–	Long & Smart, 1998
<i>Hyemoschus aquaticus</i>	Tragulidae	–	ano	–	–	–	Dubost, 2017
<i>Sus domesticus</i>		–	0 % (3)	0 % (3)	–	–	Murata & Yamada, 1986

<i>Sus domesticus</i>		0,5	0 % (8)	0 % (8)	–	–	Goméz–Torres et al., 2021
<i>Vicugna pacos</i>	Camelidae	–	0% (11)	0% (11)	–	–	Perez et al., 2018
<i>Lama glama</i>		3–9	0 % (16)	0 % (16)	–	–	Mattoon et al., 2001
<i>Camelus dromedarius</i>		7–9	100 % (10)	0 % (10)	–	–	Balah et al. 2014
<i>Camelus dromedarius</i>		13	100 % (5)	60 % (5)	1,2–1,3	0,3–0,45	El–Gendy et al., 2023
<i>Camelus dromedarius</i>		–	100 % (40)	0 % (40)	–	–	Hegazi, 1954
<i>Physeter catodon</i>	Physeteridae	–	0 % (7)	0 % (7)	–	–	James et al., 1995

Tabulka 1 - Databáze řádu Artiodactyla vzniklá na základě systematického prohledání dostupné literatury (m = průměr hodnot).

Druh	Čeleď	Věk (roky)	Incidence os cordis		Délka (cm)		Zdroj
			dextrum	sinistrum	dextrum	sinistrum	
<i>Ceratotherium simum</i>	Rhinocerotidae	–	0 % (1)	0 % (1)	–	–	Erdogan et al., 2014
<i>Equus caballus</i>	Equidae	2,5–3,5	0 % (9)	0 % (9)	–	–	Gómez–Torres et al., 2021
<i>Equus caballus</i>		4	100 % (1)	0 % (1)	2	–	Matsuda et al., 2010

Tabulka 2 - Databáze řádu Perissodactyla vzniklá na základě systematického prohledání dostupné literatury.

Druh	Čeleď	Věk (roky)	Incidence os cordis		Délka (cm)		Zdroj
			dextrum	sinistrum	dextrum	sinistrum	
<i>Canis familiaris</i>	Canidae	–	0 % (100)	0 % (100)	–	–	Aupperle et al., 2008
<i>Canis familiaris</i>		12	0 % (1)	0 % (1)	–	–	Caro–Vadillo et al., 2004
<i>Canis familiaris</i>		–	0 % (20)	0 % (20)	–	–	Douglas et al., 2003
<i>Canis familiaris</i>		12	0 % (1)	0 % (1)	–	–	Dupuy–Mateos et al., 2008
<i>Canis familiaris</i>		5–12	0 % (5)	0 % (5)	–	–	Gómez–Torres et al., 2021
<i>Canis familiaris</i>		3–10	73 % (11)	–	–	–	James & Drake, 1968
<i>Canis familiaris</i>		0,25–10	12,5 % (40)	–	–	–	Sandusky et al., 1979
<i>Canis familiaris</i>		1,5–16,5	0 % (3443)	0 % (3443)	–	–	Schwarz et al., 2002
<i>Felis catus</i>	Felidae	–	0 % (786)	0 % (786)	–	–	Schwarz et al., 2002
<i>Felis catus</i>		–	30 % (63)	–	–	–	Liu et al., 1975
<i>Lutra lutra</i>	Mustelidae	0–2+	40 % (30)	37 % (30)	0,2–0,5	0,2–0,5	Egerbacher et al., 2000
<i>Eumetopias jubatus</i>	Otariidae	–	45 % (11)	–	2,7 - 5	–	Yoshida et al., 2022

Tabulka 3 - Databáze řádu Carnivora vzniklá na základě systematického prohledání dostupné literatury.

Druh	Čeleď	Věk (roky)	Incidence os cordis		Délka (cm)		Zdroj
			dextrum	sinistrum	dextrum	sinistrum	
<i>Mesocricetus auratus</i>	Cricetidae	0–708 dní	0 % (576)	0 % (576)	–	–	Durán et al., 2004
<i>Mesocricetus auratus</i>		–	0 % (80)	0 % (80)	–	–	Kelsall & Visci, 1970

Tabulka 4 - Databáze řádu Rodentia vzniklá na základě systematického prohledání dostupné literatury.

Druh	Čeleď	Věk (roky)	Incidence os cordis		Délka (cm)		Zdroj
			dextrum	sinistrum	dextrum	sinistrum	
<i>Elephas maximus</i>	Elephantidae	21 - 56	33 % (3)	33 % (3)	9,5	8	Endo et al., 2005
<i>Elephas maximus</i>		–	0 % (5)	0 % (5)	–	–	King et al., 1938

Tabulka 5 - Databáze řádu Proboscidea vzniklá na základě systematického prohledání dostupné literatury.

Druh	Čeleď	Věk (roky)	Incidence os cordis		Délka (cm)		Zdroj
			dextrum	sinistrum	dextrum	sinistrum	

<i>Pan troglodytes</i>	Hominidae	10–59	19 % (16)	0 % (16)	0,55–0,74	–	Moitiié et al., 2020
------------------------	-----------	-------	-----------	----------	-----------	---	----------------------

Tabulka 6 - Databáze řádu Primates vzniklá na základě systematického prohledání dostupné literatury

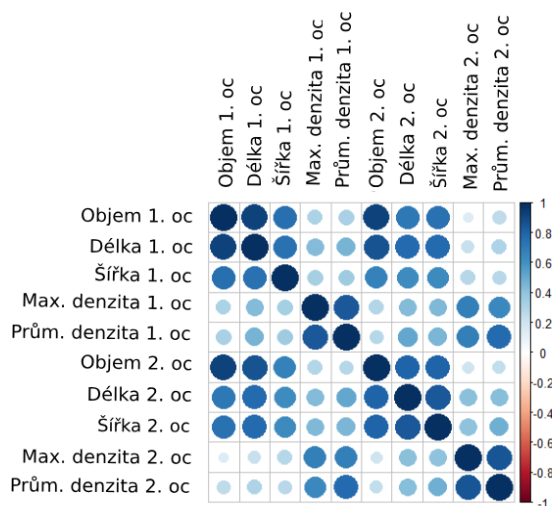
## 4.2 Analytická část

Korelace parametrů obou os cordis jsou uvedené v Tabulce 7 a na Obr. 12. Z nich například vyplývá, že objem každé os cordis je korelovaný s její délkou a šířkou, což neplatí ovšem pro korelovanost s denzitou, ať průměrnou či maximální. Parametry obou os cordis jsou korelované, zvláště pro objem, délku a šířku, v trochu menší míře v denzitách. Z tohoto srovnání vyplývá, že u os cordis je vhodné dále porovnávat objem os cordis a též její denzitu. Níže je poté uvedeno srovnání pro každou os cordis, ale analýza pouze jedné by mohla závislosti vcelku věrohodně vystihovat.

	Objem 1. oc	Délka 1. oc	Šířka 1. oc	Max. denz. 1. oc	Prům. denz. 1. oc	Objem 2. oc	Délka 2. oc	Šířka 2. oc	Max. denz. 2. oc	Prům. denz. 2. oc
Objem 1. oc	<b>1,00</b>	<b>0,92</b>	<b>0,75</b>	0,32	0,32	<b>0,92</b>	0,71	0,74	0,15	0,25
Délka 1. oc	<b>0,92</b>	<b>1,00</b>	0,74	0,44	0,46	<b>0,86</b>	<b>0,77</b>	<b>0,77</b>	0,23	0,31
Šířka 1. oc	<b>0,75</b>	0,74	<b>1,00</b>	0,33	0,35	0,68	0,62	0,64	0,29	0,28
Max. denz. 1. oc	0,32	0,44	0,34	<b>1,00</b>	<b>0,84</b>	0,29	0,44	0,44	0,69	0,64
Prům. denz. 1. oc	0,33	0,46	0,35	<b>0,84</b>	<b>1,00</b>	0,28	0,51	0,45	0,68	<b>0,78</b>
Objem 2. oc	<b>0,92</b>	<b>0,86</b>	0,68	0,29	0,28	<b>1,00</b>	<b>0,81</b>	<b>0,81</b>	0,21	0,25
Délka 2. oc	0,71	<b>0,77</b>	0,62	0,44	0,51	<b>0,81</b>	<b>1,00</b>	<b>0,85</b>	0,41	0,42
Šířka 2. oc	0,74	<b>0,77</b>	0,64	0,44	0,45	<b>0,81</b>	<b>0,85</b>	<b>1,00</b>	0,41	0,49
Max. denz. 2. oc	0,15	0,23	0,29	0,69	0,68	0,21	0,41	0,41	<b>1,00</b>	<b>0,85</b>
Prům. denz. 2. oc	0,25	0,31	0,28	0,64	<b>0,78</b>	0,25	0,42	0,48	<b>0,85</b>	<b>1,00</b>

Tabulka 7 - Tabulka s korelačními koeficienty mezi dílčími parametry os cordis dextrum a os cordis sinistrum. Hodnoty nad 0,75 jsou označeny tučným fontem (oc – os cordis, max. denz. – maximální denzita, prům. denz. – průměrná denzita)



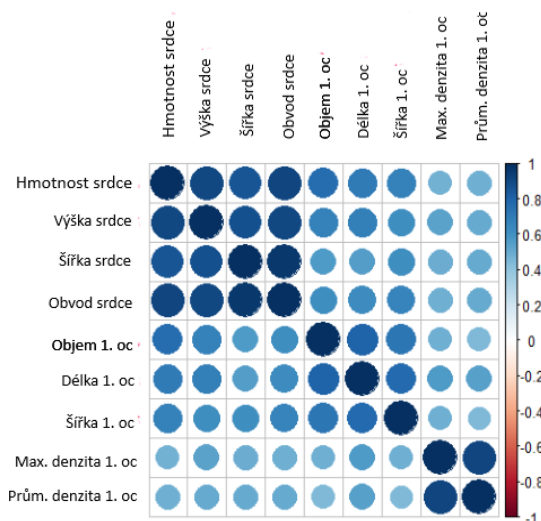


Obr. 12 - Korelační matice znázorňující souvislost parametrů os cordis dextrum vůči parametrům os cordis sinistrum.

Korelace parametrů srdce a první os cordis uvedené v Tabulce 8 a vizualizované na Obr. 13 značí, že dílčí měřené parametry srdce jsou korelované. S parametry os cordis je nejvíce korelovaná hmotnost srdce. Opět se ukazuje, že denzitní parametry os cordis jsou méně korelované než objem, délka nebo šířka této kosti.

	Vaha S	Výška S	Šířka S	Obvod S	Objem 1. oc	Délka 1. oc	Šířka 1. oc	Max. denz. 1. oc	Prům. denz. 1. oc
Váha S	1,00	0,91	0,86	0,92	0,76	0,70	0,67	0,48	0,49
Výška S	0,91	1,00	0,88	0,90	0,68	0,69	0,61	0,53	0,51
Šířka S	0,86	0,88	1,00	0,97	0,57	0,56	0,62	0,49	0,51
Obvod S	0,92	0,90	0,97	1,00	0,62	0,63	0,66	0,49	0,51
Objem 1. oc	0,76	0,68	0,56	0,62	1,00	0,81	0,73	0,48	0,45
Délka 1. oc	0,70	0,69	0,56	0,63	0,81	1,00	0,78	0,56	0,54
Šířka 1. oc	0,67	0,61	0,62	0,66	0,73	0,78	1,00	0,48	0,44
Max. denz. 1. oc	0,48	0,53	0,49	0,49	0,48	0,56	0,48	1,00	0,91
Prům. denz. 1. oc	0,49	0,51	0,51	0,51	0,45	0,54	0,44	0,91	1,00

Tabulka 8 - Tabulka s korelačními koeficienty mezi dílčími parametry srdce a os cordis dextrum. Hodnoty nad 0,75 jsou označeny tučným fontem (S – srdce, oc – os cordis, max. denz. – maximální denzita, prům. denz. – průměrná denzita).



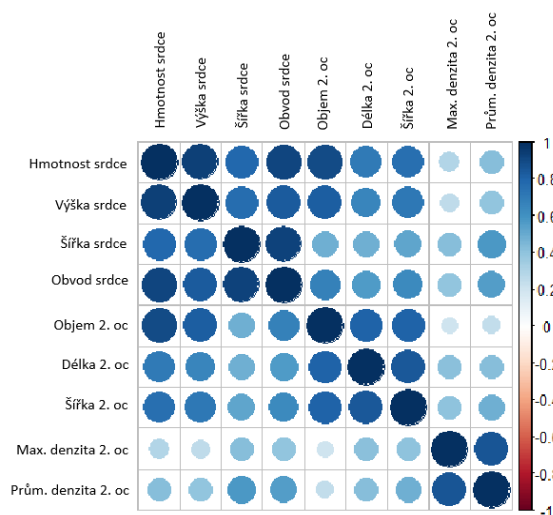
Obr. 13 - Korelační matice znázorňující souvislost parametrů srdce a os cordis dextrum.

Korelace parametrů srdce a druhé os cordis uvedené v Tabulce 9 a vizualizované na Obr. 14 značí, že dílčí měřené parametry srdce jsou korelované, s parametry os cordis je nejvíce korelovaná hmotnost srdce. Opět se ukazuje, že denzitní parametry os cordis jsou méně korelované než objem, délka či šířka této kosti. Oproti korelacím u první os cordis je prokorelovanost denzitních parametrů ještě nižší a šířka srdce je ještě méně korelovaná než v případě první os cordis.

	Váha S	Výška S	Šířka S	Obvod S	Objem 2. oc	Délka 2. oc	Šířka 2. oc	Max. denz. 2. oc	Prům. denz. 2. oc
Váha S	<b>1,00</b>	<b>0,93</b>	<b>0,78</b>	<b>0,91</b>	<b>0,89</b>	0,71	<b>0,75</b>	0,29	0,43
Výška S	<b>0,93</b>	<b>1,00</b>	<b>0,76</b>	<b>0,83</b>	<b>0,82</b>	0,65	0,71	0,26	0,39
Šířka S	<b>0,78</b>	<b>0,76</b>	<b>1,00</b>	<b>0,93</b>	0,49	0,48	0,53	0,43	0,57
Obvod S	<b>0,91</b>	<b>0,83</b>	<b>0,93</b>	<b>1,00</b>	0,68	0,57	0,63	0,39	0,56

Objem 2. oc	<b>0,89</b>	<b>0,82</b>	0,49	0,68	<b>1,00</b>	<b>0,81</b>	<b>0,81</b>	0,21	0,25
Délka 2. oc	0,71	0,65	0,48	0,57	<b>0,81</b>	<b>1,00</b>	<b>0,85</b>	0,41	0,42
Šířka 2. oc	<b>0,75</b>	0,71	0,53	0,63	<b>0,81</b>	<b>0,85</b>	<b>1,00</b>	0,41	0,48
Max. denz. 2. oc	0,29	0,26	0,43	0,39	0,21	0,41	0,41	<b>1,00</b>	<b>0,85</b>
Prům. denz. 2. oc	0,43	0,39	0,57	0,56	0,25	0,42	0,48	<b>0,85</b>	<b>1,00</b>

Tabulka 9 - Tabulka s korelačními koeficienty mezi dílčími parametry srdce a os cordis sinistrum. Hodnoty nad 0,75 jsou označeny tučným fontem (S – srdce, oc – os cordis, max. denz. – maximální denzita, prům. denz. – průměrná denzita).



Obr. 14 - Korelační matice znázorňující souvislost parametrů srdce a os cordis sinistrum.

Z výše uvedených korelací byly pro statistické zhodnocení vybrány objem kostí a hmotnost srdce jako nejvýstižnější parametry.

Výskyt os cordis je podle GLMM závislý na druhu (DF=2,  $z = -2,213$ ,  $p = 0,027$ ), taktéž na věku (DF=1,  $\text{Chi}=22,5$ ,  $p < 0,001$ ) nikoliv na pohlaví (DF=2,  $\text{Chi}=2,836$ ,  $p=0,242$ ) a hmotnosti srdce (DF=1,  $\text{Chi}=0,197$ ,  $p=0,657$ ). Podle LM jsou všechny závislosti signifikantní – druh ( $F_{49,182}=2,15$ ,  $p<0,001$ ), pohlaví ( $F_{2,182}=5,78$ ,  $p=0,004$ ), věk ( $F_{1,182}=51,79$ ,  $p<0,001$ ) a hmotnost srdce ( $F_{1,182}=7,30$ ,  $p=0,008$ ).

Objem první os cordis je závislý na druhu (LM:  $F_{38,114}=22,45$ ,  $p<0,001$ ) a hmotnosti srdce (LM:  $F_{1,114}=144,1$ ,  $p<0,001$ ), nikoliv na pohlaví (LM:  $F_{1,114}=0,80$ ,  $p=0,373$ ) a věku (LM:  $F_{1,113}=3,20$ ,  $p=0,076$ ).

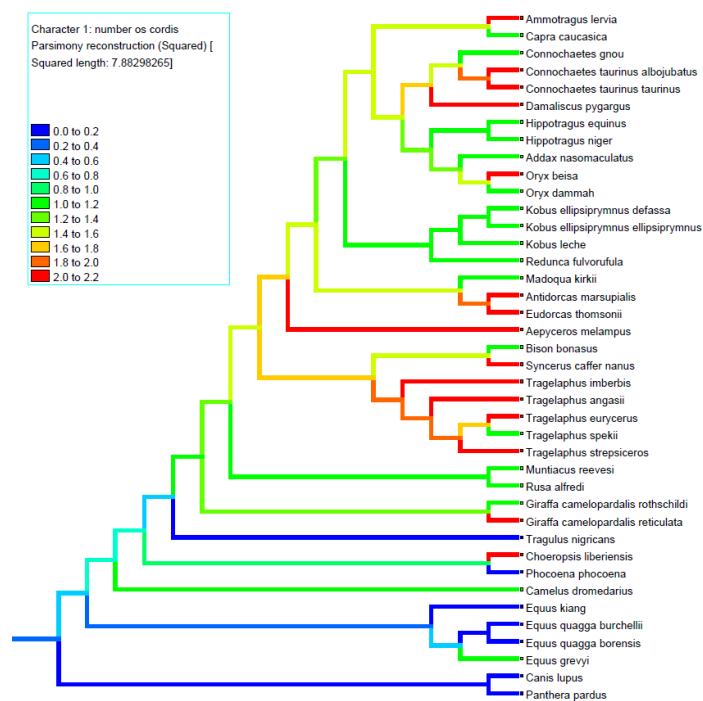
Objem druhé os cordis je též závislý na druhu (LM:  $F_{21,36}=33,06$ ,  $p<0,001$ ) a hmotnosti srdce (LM:  $F_{1,36}=137,48$ ,  $p<0,001$ ), nikoliv na pohlaví (LM:  $F_{1,36}=0,13$ ,  $p=0,722$ ) a věku (LM:  $F_{1,36}=2,78$ ,  $p=0,104$ ).

Maximální denzita první os cordis je závislá na všech sledovaných parametrech, tedy na druhu (LM:  $F_{38,114}=2,37$ ,  $p<0,001$ ), na pohlaví (LM:  $F_{1,114}=5,47$ ,  $p=0,021$ ), věku (LM:  $F_{1,114}=33,41$ ,  $p<0,001$ ) a hmotnosti srdce (LM:  $F_{1,114}=2,37$ ,  $p<0,001$ ).

Maximální denzita druhé os cordis ovšem není závislá ani na druhu (LM:  $F_{21,36}=1,31$ ,  $p=0,297$ ), pohlaví (LM:  $F_{1,36}=0,69$ ,  $p=0,410$ ) a hmotnosti srdce (LM:  $F_{1,36}=3,57$ ,  $p=0,067$ ). Závislost na věku (LM:  $F_{1,36}=4,10$ ,  $p<0,051$ ) je na hranici statistické průkaznosti.

### 4.3 Fylogenetická distribuce os cordis

V případě této části výsledků bylo kromě popisu kladogramů považováno za účelné připojit diskusi určitých pozorovaných výsledků, takže tyto výsledky obsahují i určitý podíl diskuse (v návaznosti na výše prezentovanou rešerši) ve snaze vysvětlit některé stavy znaků u určitých taxonů nebo jedinců.

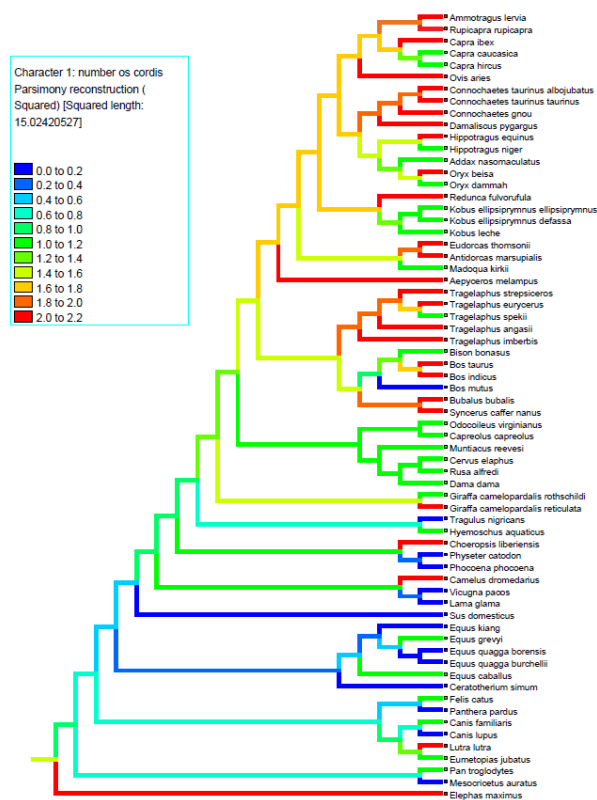


Obrázek 15: Rekonstrukce výskytu os cordis (z programu Mesquite) na základě vyšetřených druhů pomocí tomografu a na škále: žádná os cordis (0), jedna os cordis (1), dvě os cordis (2). Barevné značení odpovídá intervalům hodnot uvedených v levém horním rohu.

Rekonstrukce počtu os cordis na tomografu vyšetřených druhů značí, že chybí u šelem, většiny koňovitých, kytovců a kančílů. Jedna nebo dvě os cordis jsou typické pro většinu sudokopytníků. Ve více případech může být pozorován rozdílný počet os cordis mezi nejbližšími druhy (např. žirafy, zubr-buvol, bongo-sitatunga, oryxové, oba druhy pakoňů a paovce-kozorožec). U sudokopytníků je jedna os cordis sdílená u jelenovitých, vodušek, antilop rodu *Hippotragus*, dvě os cordis u gracilních antilop *Antidorcas-Eudorcas* a většiny zástupců lesoňů (Tragelaphini). Celkově rekonstrukce značí poměrně komplexní evoluci této struktury s opakovaným vznikem dvou os cordis a patrně některými reverzemi na jednu či žádnou os cordis u sudokopytníků. Relativně anomální se jeví být výskyt jedné os cordis u zebry Grévyho.

Absence os cordis u šelem je v souladu s běžnými znalostmi o anatomii těchto šelem. Naopak, výskyt os cordis u zebry Grévyho vybočující v rámci čeledi je spojen s jedním jedincem, u kterého bylo přistoupeno k eutanázii ve věku 22 let, mohlo by se tedy jednat o patologický stav.

U čeledi Camelidae byla pozorována variabilita v přítomnosti os cordis, což by mohlo souviset s věkem tomograficky vyšetřených jedinců (os cordis byla nalezena v srdci staršího jedince ze dvou získaných vzorků). U skupiny Whippomorpha bylo zjištěno, že hrošík měl dokonce dvě os cordis, zatímco sviňucha žádnou. Tento jev by mohl být ovlivněn prostředím, ve kterém tyto živočichové žijí. Cetacea jsou obecně známá pro absenci jakéhokoliv vazivového aparátu podporujícího stavbu srdce. Tragulidae byla reprezentována pouze jedním, avšak relativně starým jedincem, u kterého byla horší kvalita vzorku. Na scanu z výpočetního tomografu se však srdce jeví jako bez os cordis. Výskyt jedné os cordis u jelenovitých odpovídá mysliveckým znalostem o výskytu pouze jedné os cordis (tzv. hubertky) u vysoké zvěře. Konvergentní evoluce os cordis, zvláště vznik a velikost, by mohla souviset s relativně velkou hmotností některých skupin a potřebou podpory srdečního svalu a cévního systému.



Obrázek 16: Rekonstrukce výskytu os cordis (z programu Mesquite) na základě mnou vyšetřených druhů a údajů z literatury na škále: žádná os cordis (0)-jedna os cordis (1)-dvě os cordis (2). Barevné značení odpovídá intervalům hodnot uvedených v levém horním rohu.

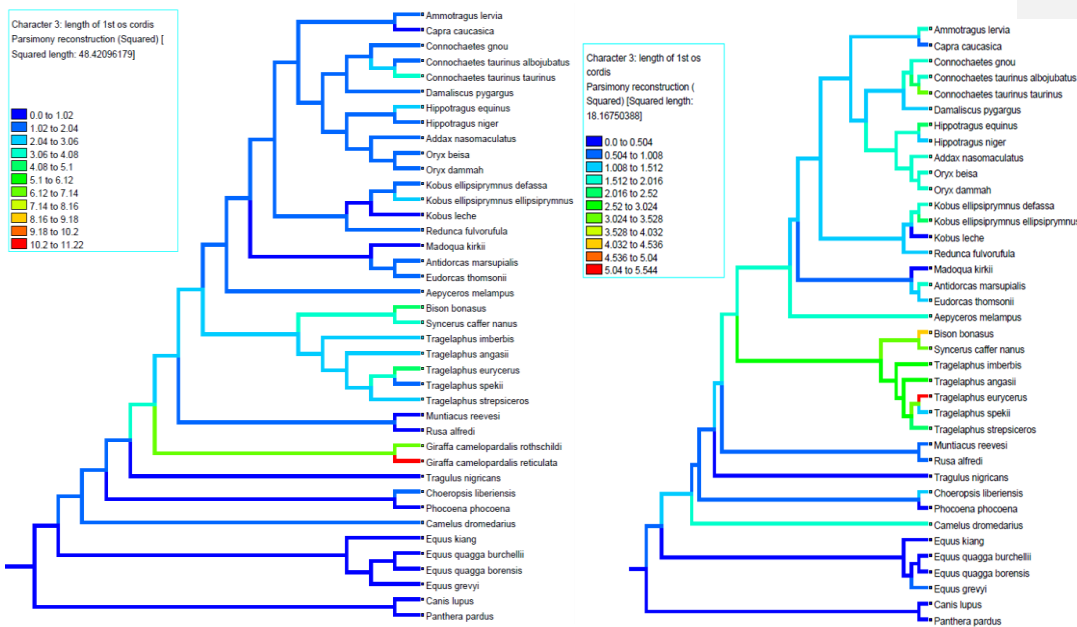
Rekonstrukce počtu os cordis tomografem vyšetřených druhů v kombinaci s literárními údaji nabízí v některých ohledech odlišné výsledky. Rekonstrukce by se dala interpretovat jako potenciál saveců si vyztužovat srdeční skelet nějakou osifikací. Kromě jednotlivých druhů tak nečiní některé skupiny - prasatovití, kytovci, lamy a částečně lichokopytníci. Ve více případech můžeme pozorovat rozdílný počet os cordis mezi nejbližšími druhy (např. žirafy, bongositatunga, oryxové, antilopy rodu *Hippotragus*, rod *Capra*). U sudokopytníků je jedna os cordis sdílená u jelenovitých, vodušek rodu *Kobus* a antilop rodu *Hippotragus*. Tendence k vyššímu počtu než jedna os cordis je patrná pro turovitě. Celkově rekonstrukce značí poměrně komplexní evoluci této struktury s opakovaným vznikem dvou os cordis a patrně některými reverzemi na jednu či žádnou os cordis u turovitých. Relativně anomální se jeví být nepřítomnost os cordis u jaka.

U šelem je výskyt os cordis pozorován hlavně u domestikovaných zvířat (*Canis familiaris* a *Felis catus*). To může být ovlivněno snazším získáním vzorků pro veterinární studie, které byly zařazeny a mohly být ve větší míře pozorovány patologické nálezy. U vyder říčních (*Lutra lutra*) je také pozorován výskyt dvou kostí, což může být překvapivé. Možná se tento jev dá vysvětlit mechanickým stresem, stejně jako u sesterských ploutvonožců a jejich polovodním způsobem života a pohybem ve vodě. Os cordis by mohla poskytovat podporu a ochranu pro srdce, když jsou ve vodě a provádějí rychlé a obratné pohyby při lovu ryb a další potravy. Naopak u čistě vodních savců, jako jsou Cetacea, os cordis chybí, což může být spojeno s životem čistě ve vodním prostředí. Toto tvrzení může být posíleno tím, že kytovci nemají ani tužší vazivové trigony a chybí jim obecně jakýkoliv srdeční skelet. Výskyt dvou os cordis u slona, velblouda, hrošíka a žirafy by mohl být spojen s jejich velikostí. U některých druhů, jako je *Bos mutus*, není přítomnost os cordis pozorována, ačkoliv by základní struktura pro její existenci mohla být přítomna (pozorována přítomnost vazivové chrupavky). Možné vysvětlení může být také spojeno s věkem jedinců, který nebyl v dostupné studii uveden.

#### 4.4 Rozměry os cordis ve fylogenetickém zhodnocení

Poznámka: U tomograficky vyšetřených žiraf a u slonů po přidání údajů z literatury platí, že tyto druhy s extrémními hodnotami ovlivnily zobrazení dat ve vytvořeném kladogramu. Proto byla rekonstrukce vytvořena i pro vzorkování bez nich, aby bylo možné komentovat variabilitu v naměřených hodnotách u ostatních druhů.

#### 4.4.1 Délka os cordis dextrum

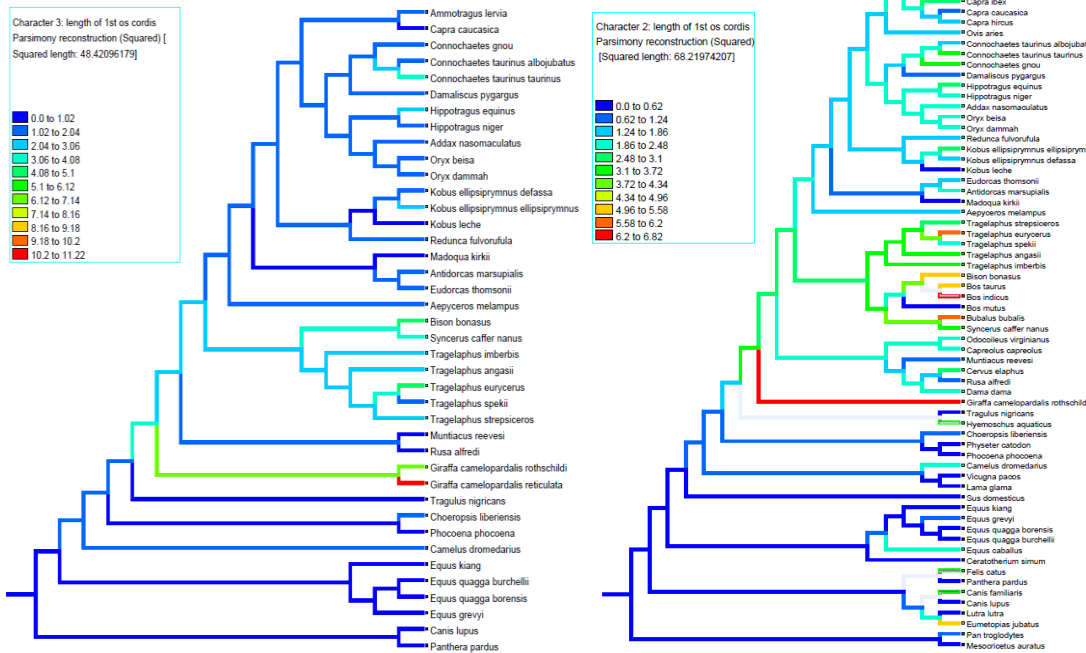


Obrázek 17: Rekonstrukce délky os cordis dextrum (z programu Mesquite) na základě vyšetřených druhů pomocí tomografu. Barevné značení odpovídá intervalům hodnot uvedených v levém horním rohu. Levá varianta obsahuje všechny druhy, u pravé byly vypuštěny žirafy s extrémními hodnotami.

Při celkovém pohledu lze říci, že délka os cordis je nejvyvinutější u velkých žiraf a turů a jim příbuzných lesožů. Některé sesterské dvojice se poměrně výrazně liší velikostí os cordis, což je například případ bonga a sitatungy, poddruhy vodušky *Kobus ellipsiprymnus* nebo pakoně *Connochaetes taurinus* či antilop rodu *Hippotragus*.

Obecně lze z kladogramů vyčíst, že délka os cordis je spojena s velikostí daného druhu, nicméně třeba velbloud má relativně krátkou os cordis.

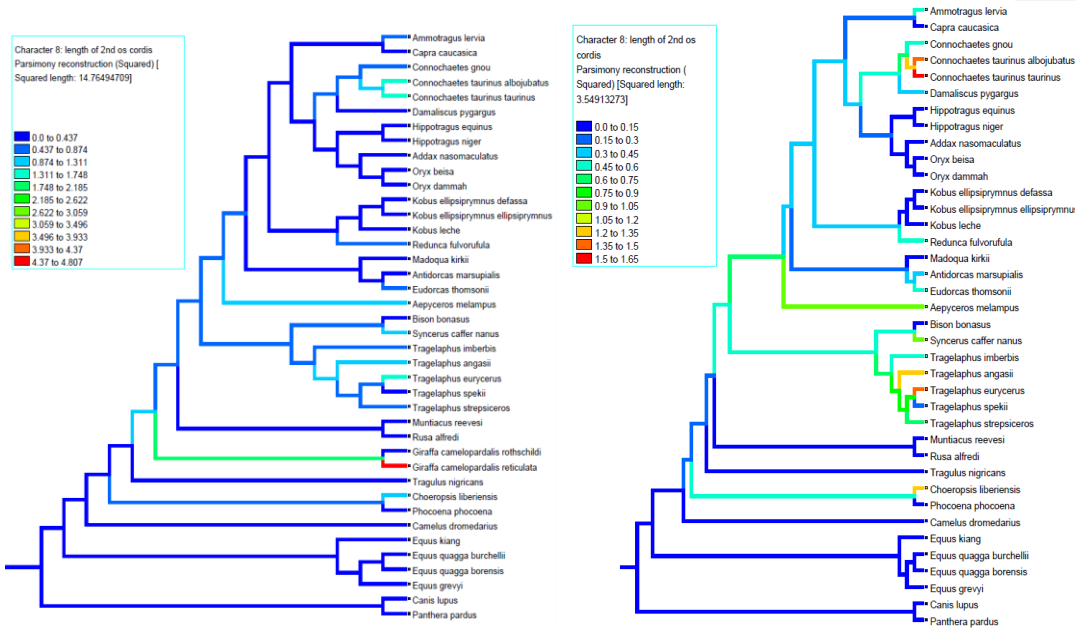




Obrázek 18: Rekonstrukce velikosti os cordis dextrum (z programu Mesquite) na základě mnou vyšetřených druhů a údajů z literatury. Barevné značení odpovídá intervalům hodnot uvedených v levém horním rohu. Levá varianta obsahuje všechny druhy, u pravé byly vypuštěny žirafy a slon s extrémními hodnotami.

Rekonstrukce délky os cordis dextrum tomograficky vyšetřených druhů v kombinaci s literárními údaji ukazuje podobné výsledky, jako u pouze tomograficky vyšetřených druhů. Ke druhům s delší os cordis se připojil lachtan a především slon. Po vypuštění slona a žirafy sířované s dlouhou os cordis lze pozorovat, že u savčích skupin mimo skupinu Pecora (Ruminantia bez kančílů) došlo k nezávislému vzniku a protažení os cordis, u skupiny Pecora, která disponuje delší os cordis, došlo naopak opakovaně k zmenšení, ke zvětšení došlo naopak u turů (Bovini).

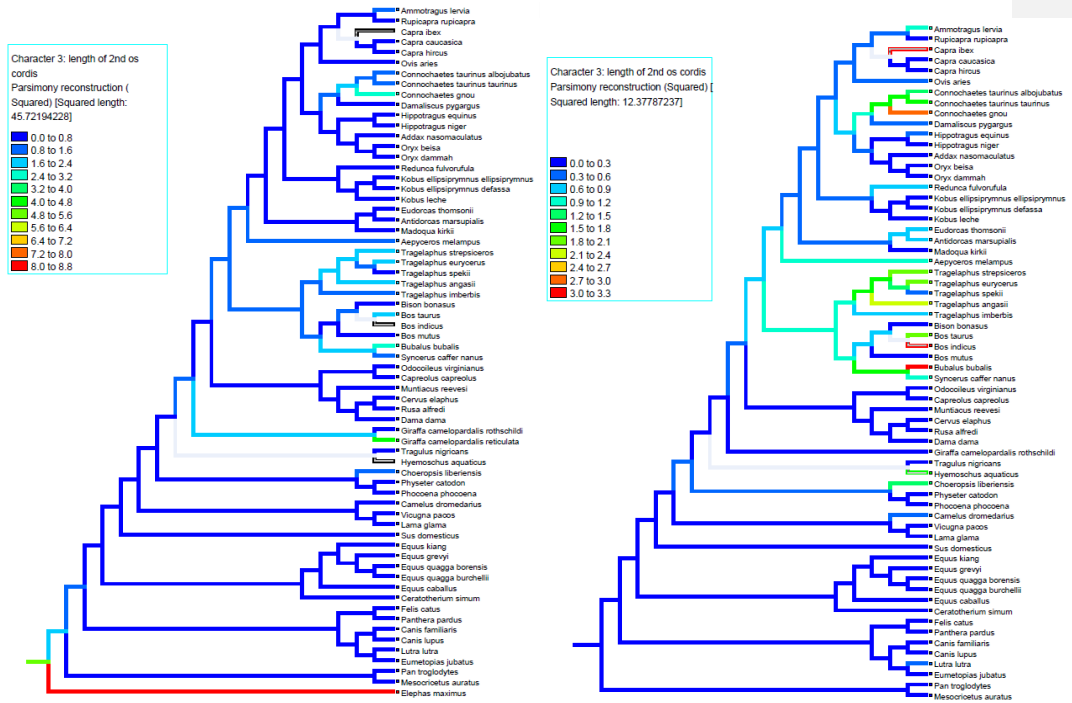
#### 4.4.2 Délka os cordis sinistrum



Obrázek 19: Rekonstrukce délky os cordis dextrum (z programu Mesquite) na základě vyšetřených druhů pomocí tomografu. Barevné značení odpovídá intervalům hodnot uvedených v levém horním rohu. Levá varianta obsahuje všechny druhy, u pravé byly vypuštěny žirafy s extrémními hodnotami.

Rekonstrukce délky os cordis sinistrum u tomograficky vyšetřených druhů ukazuje na vyšší délku u větších-těžších zástupců (žirafy, hrošík, lesoni s tury, pakoně), výjimku tvoří gracilní antilopa impala (*Aepyceros melampus*). Po odstranění žiraf vynikne tendence buvolců (Alcelaphini) rozvíjet tuto kůstku, na rozdíl od sesterských přimorožců (Hippotragini). Za pozornost stojí rozvoj této kůstky u bahňvice (*Redunca fulvorufula*) a u antilopy skákavé (*Antidorcas*) + gazely (*Eudorcas*) vůči sesterským taxonům. To je zvláště případ bahňvice, neboť jemu příbuzné taxony jsou větší.

Zajímavým jevem je to, že druhy mající os cordis sinistrum často vykazují největší délku os cordis dextrum, což platí například např. pro rod *Tragelaphus*. Tento fakt naznačuje možnou souvislost mezi délkou os cordis dextrum a přítomností os cordis sinistrum.

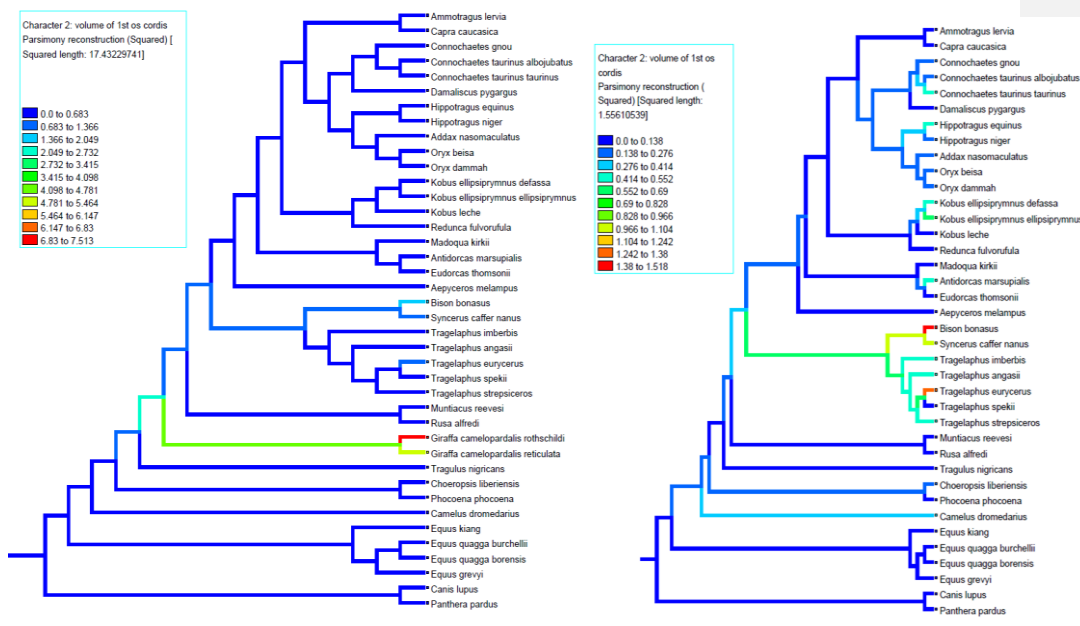


Obrázek 20: Rekonstrukce velikosti os cordis sinistrum (z programu Mesquite) na základě mnou vyšetřených druhů a údajů z literatury. Barevné značení odpovídá intervallům hodnot uvedených v levém horním rohu. Levá varianta obsahuje všechny druhy, u pravé byly vypuštěny žirafy a slon s extrémními hodnotami.

Zahrnutí dalších druhů z rešerše nemění komentáře pro druhy čistě tomograficky studované.

Šířka obou os cordis vykazuje velmi podobné výsledky jako délka os cordis s tím rozdílem, že zde často chybí údaje z rešeršních studií důležité pro porovnání.

#### 4.4.3 Objem os cordis dextrum



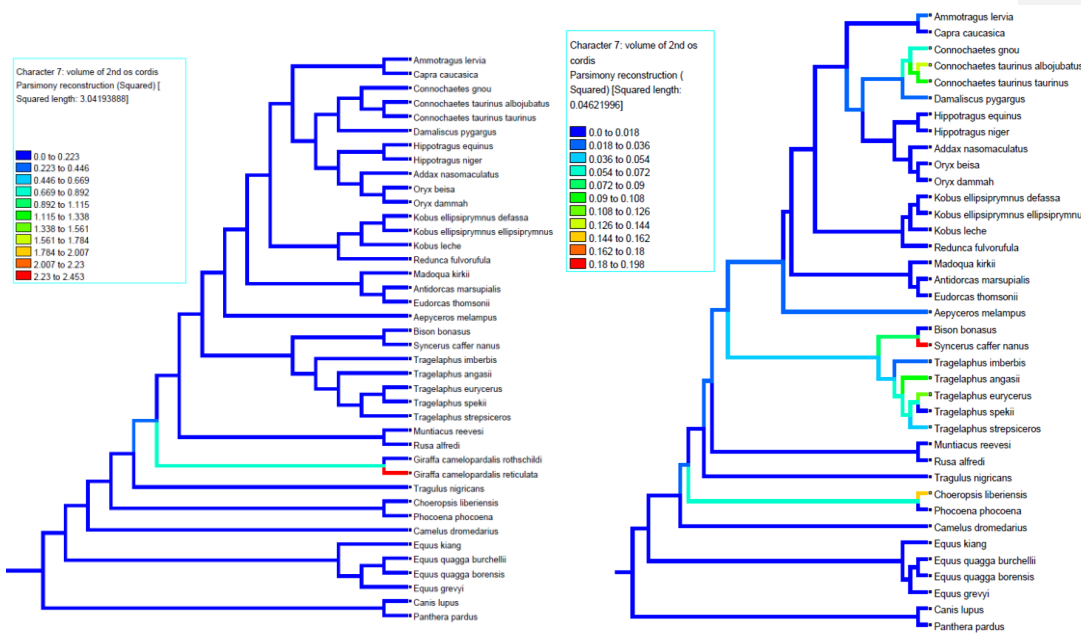
Obrázek 21: Rekonstrukce objemu os cordis dextrum (z programu Mesquite) na základě vyšetřených druhů pomocí tomografu. Barevné značení odpovídá intervalům hodnot uvedených v levém horním rohu. Levá varianta obsahuje všechny druhy, u pravé byly vypuštěny žirafy s extrémními hodnotami.

Na základě tomografického výzkumu vykazují největší objem os cordis dextrum žirafy, zubr a bongo, při vypuštění žirafy z analýz se k těmto druhům připojí další druhy - dromedár, lesoni s tury a některé další druhy antilop, u kterých je nápadné, že se v této charakteristice odlišují vůči nejbližším příbuzným (výjimku tvoří dva poddruhy *Kobus ellipsiprymnus*).

Zajímavý je zubr, neboť má ve skupině zahrnující tury (Bovini) a lessoně (Tragelaphini) jen jednu os cordis (spolu s *T. speki* a *B. mutus*), která nevykazovala ani výraznou délku a šířku, je však nejvyvinutější objemem. To naznačuje, že celkový tvar kosti může hrát dominantní roli při určování její velikosti a mohlo by se tak předpokládat, že je objem tedy nejlepším indikátorem. Ovšem třeba u buvolců (Alcelaphini), kde jsou délka a šířka os cordis velké, os cordis už tak objemná není. Zde by mohl mít pravděpodobně vliv opět tvar kosti, která připomíná charakteristický "hubertský kříž". Komentář si zaslouží *Equus grevyi*, která sice

měla os cordis, ovšem její objem byl minimální, což může v tomto pohledu opět poukazovat na možnou patologii.

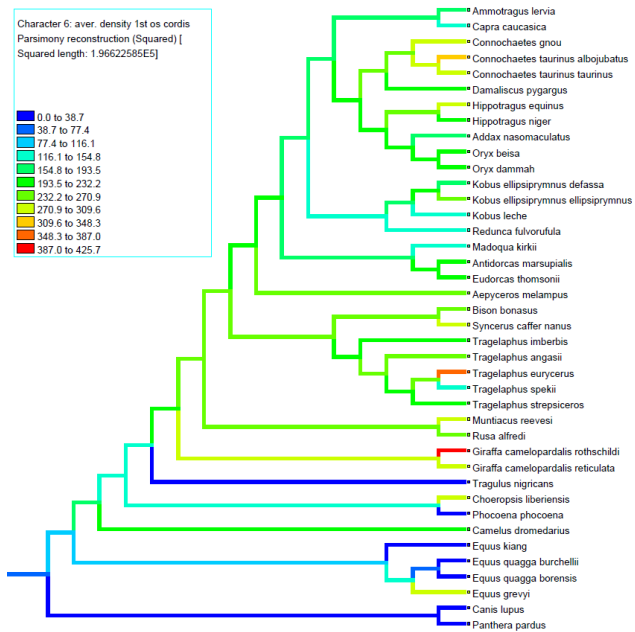
#### 4.4.4 Objem os cordis sinistrum



Obrázek 22: Rekonstrukce objemu os cordis sinistrum (z programu Mesquite) na základě vyšetřených druhů pomocí tomografu. Barevné značení odpovídá intervalům hodnot uvedených v levém horním rohu. Levá varianta obsahuje všechny druhy, u pravé byly vypuštěny žirafy s extrémními hodnotami.

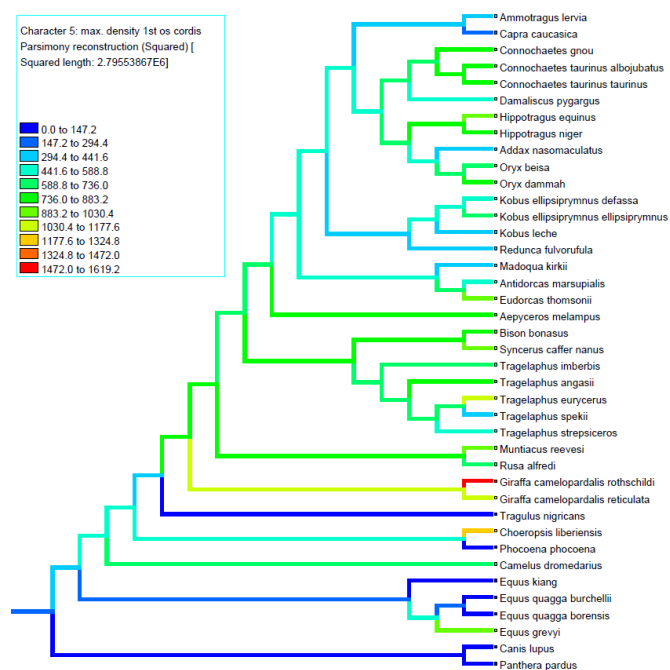
Rekonstrukce os cordis sinistrum je v řadě ohledů podobná os cordis dextrum - největší objem u žiraf, dále u lesoňů a turů. Rozdílem je větší velikost u pakoňů a hrošíka, a menší rozvinutí u dalších skupin antilop (vodušky, antilopa skákavá), i kvůli absenci kosti samotné.

#### 4.4.5 Denzita os cordis dextrum



Obrázek 23: Rekonstrukce průměrné denzity os cordis dextrum (z programu Mesquite) na základě vyšetřených druhů pomocí tomografi. Barevné značení odpovídá intervalům hodnot uvedených v levém horním rohu.

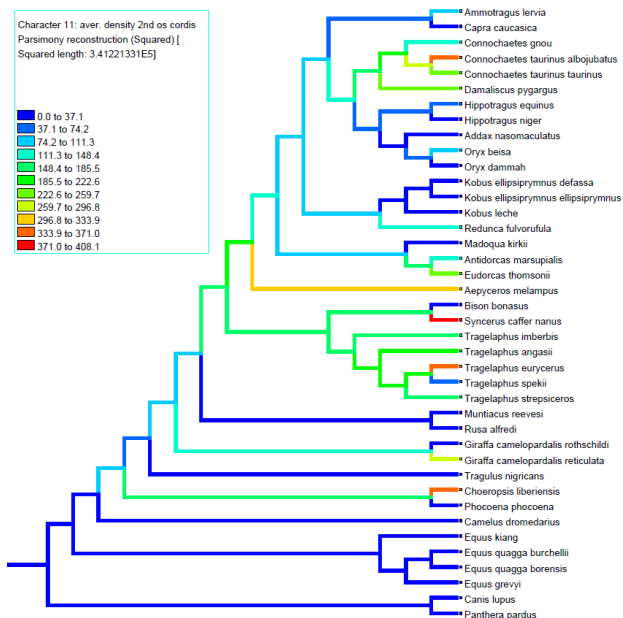
Rekonstrukce průměrné denzity neukazuje žádný výrazný vzor, jako spíš to, že blízké druhy mohou vykazovat dosti odlišné hodnoty (žirafy, bongo-sitatunga, pakoně), a že podobné hodnoty denzity vykazují druhy velké i malé (například gazely x přimorožci a někteří lesoni).



Obrázek 24: Rekonstrukce maximální denzity os cordis dextrum (z programu Mesquite) na základě vyšetřených druhů pomocí tomografu. Barevné značení odpovídá intervalům hodnot uvedených v levém horním rohu.

Rekonstrukce maximální denzity neukazuje žádný výrazný vzor, jako spíše to, že blízké druhy mohou vykazovat dosti odlišné hodnoty (žirafy, bongo-sitatunga, Caprini), a že podobné hodnoty denzity vykazují druhy velké i malé (např. kudu malý, impala, gazela Thompsona x pakoně, přimorožci, tuři). V rámci turovitých nižší maximální denzity vykazují vodušky a Caprini (paovce a kozorožec).

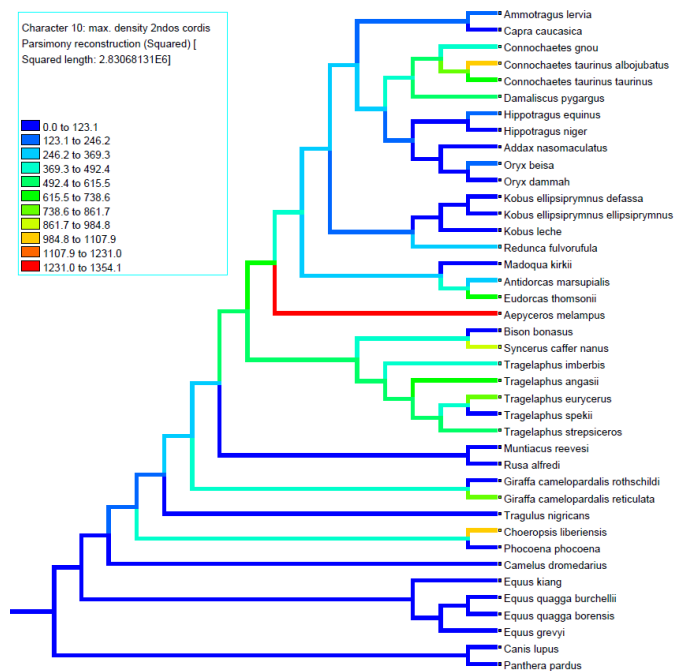
#### 4.4.6 Densita os cordis sinistrum



Obrázek 25: Rekonstrukce průměrné hustoty os cordis sinistrum (z programu Mesquite) na základě vyšetřených druhů pomocí tomografií. Barevné značení odpovídá intervalům hodnot uvedených v levém horním rohu.

Rekonstrukce obou densit os cordis sinistrum vykazují téměř identický vzor - ke zvýšení densit došlo několikrát (hrošík, žirafy, Bovidae), u turovitých vyjma lesoňů s tury a impaly proběhlo určité snížení a následně zvýšení u buvolců (Alcelaphini). Opět je zajímavé, že se densitou často liší nejbližší příbuzní.





Obrázek 26: Rekonstrukce maximální denzity os cordis sinistrum (z programu Mesquite) na základě vyšetřených druhů pomocí tomografů. Barevné značení odpovídá intervalům hodnot uvedených v levém horním rohu.

Rekonstrukce maximální denzity os cordis sinistrum opět neukazuje žádný výrazný vzor, jako spíš to, že blízké druhy mohou vykazovat dosti odlišné hodnoty (bongo-sitatunga, antilopa skákavá-gazela Thomsonova), a že podobné hodnoty denzity vykazují druhy velké i malé – velmi překvapivá tu je zejména vysoká denzita u impaly.

## 5 Diskuze

### 5.1 Rešeršní práce

Z rešeršní části práce vyplývá, že výzkum os cordis probíhá vcelku kontinuálně od 50. let 20. století, přičemž počet studií se zvyšuje od roku 2000. Může jít o zvýšený zájem o tuto tematiku nebo jen o bohatší vědeckou produkci v posledních dekadách kvůli většímu počtu vědců. Ač mohou platit obě vysvětlení, současně platí, že se začínají objevovat první review na os cordis – např. Best et al. 2022 a některé aktuální studie (např. Moitiié et al., 2020) měly významný mediální ohlas.

Nashromážděné studie (48) se vyjádřili k 28 druhům savců (viz Tabulky 1-6). V rámci vlastního sběru vzorků se podařilo doplnit taxonomické vzorkování o 42 druhů (viz Příloha 1). Ačkoliv vzorkování některých taxonů bylo omezené na jen několik jedinců, vzorkování nad pět jedinců bylo u 14 druhů, nad deset jedinců pro 7 druhů (obojí hodnoty opět viz Příloha 1).

Z hlediska srovnání této práce s jinými studiemi lze konstatovat, že práce použila moderní postupy dokumentace os cordis (Moitiié et al., 2020), pokusila se o statistické zhodnocení více parametrů, čímž se přiřadila k velmi omezenému počtu prací, které se vůbec o nějaké statistické zhodnocení os cordis pokusily (viz rešeršní část a následná diskuse statistických výsledků). Je možná s prací na jelenci (Long & Smart, 1976) jediná, která se snaží hledat korelace mezi dílčími parametry os cordis a jinými parametry sledovaných jedinců v takové míře detailů.

### 5.2 Statistické zhodnocení

Na základě korelací lze konstatovat, že parametry os cordis dextrum a sinistrum jsou korelované, hodnoty obou os cordis pak s parametry srdce. Na základě výsledků lze konstatovat, že zatímco šířka, délka a objem os cordis spolu úzce souvisí, není tomu u denzit. Pokud by výzkumník chtěl maximálně šetřit svůj badatelský čas při výzkumu os cordis, stačí měřit objem os cordis dextrum a maximální denzitu. K realistickému a přesnému odhadu velikosti srdce je ideální srdce vážít - mimochodem hmotnost srdce je velmi úzce (korelační koeficient 0.99) korelovaná s hmotností těla (Prothero, 1979).

Long & Smart (1976) u jelence běloocasého našli statisticky významné korelace mezi hmotností srdce a věkem (korelační koeficient 0,68 u samců, 0,69 u samic) a hmotností těla (korelační koeficient 0,92 u samců a 0,85 u samic). Korelace mezi hmotností srdce a těla odpovídá tedy závěru Prothera (1979) o silné korelaci.

Z porovnatelných charakteristik s touto studií dále Long & Smart (1976) sledovali délku os cordis, která u obou pohlaví byla korelována s věkem (korelační koeficienty 0,66 a 0,45) u samců byla korelována s hmotností srdce (korelační koeficient 0,71), u samic nikoliv (korelační koeficient 0,4). Výsledky této práce se shodují na korelaci (téměř identická hodnota korelačního koeficientu 0,70) hmotnosti srdce a délky os cordis (viz Tabulky 7-9). Věk byl významný faktor pro výskyt os cordis a denzitní parametry os cordis, nikoliv však pro objem os cordis.

Statistické výsledky nejsou zcela v souhře. Zatímco u výskytu os cordis a maximální denzity os cordis měly vliv všechny faktory – druh, věk, pohlaví a hmotnost srdce (která jistě bude závislá na druhu a věku), u objemu obou os cordis byly významné faktory jen druh a hmotnost srdce.

Naopak výsledky závislosti maximální denzity obou os cordis jsou v kontrastu, u os cordis dextrum vyšly signifikantní všechny závislosti, přesně naopak je tomu u os cordis sinistrum (s věkem na hranici statistické průkaznosti).

Tyto rozdílné vztahy mohou být spojeny s povahou os cordis jako heterotypické struktury, tvarem, ale i nepravidelnou incidencí, jakož i evolučně nezávislým vznikem této kosti. Shoda o provázanosti objemu obou os cordis, a naopak nesoulad u denzity obou kostí může značit, že při tendenci tvořit os cordis se tak děje na obou pozičních místech, ovšem na os cordis sinistrum se možná někdy nedostává dost materiálu pro vybudování denzitně silné os cordis nebo v přísunu minerálů na budování denzitně silné os cordis je více nahodilostí, než u os cordis dextrum.

### 5.2.1 Korelace přítomnosti a velikosti os cordis s věkem

Jak již bylo zmíněno v rešeršní části práce, autoři v rámci hledání souvislostí parametrů os cordis zpravidla uvažují vliv věku, a proto se zde snad hodí bližší komentář. Provázanost os cordis s věkem je v článcích většinou zmíněna, někdy ve velmi obecné rovině.

Nejčastěji je ve studiích konstatováno, že mladí jedinci os cordis nemají, dospělí ano, což je případ vyder (Egerbacher et al., 2000), patrně domácího prasete s osifikací u zvířat starších 3 let (Daasch, 1925), jelenů (zdvojnásobení délky os cordis po cca 12 letech – Dupoy, 2011) nebo jelence, u kterých os cordis chybí u jedinců mladších dvou let (Rodgers et al., 2004).

Někteří autoři (např. Müller 1976) naopak udávají průměrné délky alespoň pro věkové kohorty. Podobně postupoval Pour (2004), kdy u skotu srovnával délku, šířku, tloušťku a hmotnost obou os cordis pro jedince mladší jednoho roku a 1-2-leté. Statisticky se lišily pouze délka os cordis sinistrum a středová šířka os cordis dextrum. Díky několika studiím tak máme orientační či dokonce relativně detailní představu o osifikaci srdce v návaznosti na postupující věk.

Například Ghonimi & Balah (2014) pozorovali u velblouda, že množství kalcifikované chrupavky a vývoj kostních struktur v srdečním skeletu nezávisí na pohlaví a velikosti srdce, ale právě na věku, což považuje za známku vysokého zatížení mechanickými silami a vysokým tlakem atrioventrikulární roviny a aortálního prstence srdce během systoly.

Dagash & Farghali (2017) studovali osifikaci u domácího buvola. U 30-denního telete pozorovali pouze kolagenní vlákna, vazivovou a hyalinní chrupavku, ovšem u dospělého jedince (3-5 let) našli dvě srdeční kosti, které byly tvořeny houbovitou kostní tkání obsahující kostní dřev. De Almeida et al. (2020) poukazuje na rozsah kosti u skotu, kdy u starších jedinců pozoruje vystužení celé báze aorty – podobný rozsah podepírání celého kořene aorty byl pozorován i v rámci tomografického skenování srdcí starších-starých jedinců.

Nejdetajnější dokumentaci osifikace srdce (u křečka zlatého) popsali Durán et al. (2004). První známkou tvorby chrupavky byla přítomnost malé skupiny buněk uložených v extracelulární matrix pozitivní na kolagen typu II. V obou případech byla buněčná skupina lokalizována v pravém vazivovém trigonu. U starších zvířat pak byly pozorovány buněčné skupiny pozitivní na kolagen typu II podobné nebo mírně větší velikosti. V jednom případě se jednalo o dvě ohniska; ve všech ostatních případech bylo přítomno jediné ohnisko. Ložiska se lišila velikostí a histologickým stavem. Některé byly složeny z omezeného počtu buněk obklopených matrix pozitivní na kolagen typu II. Ostatní chrupavčitá ložiska se skládala z většího množství chondrocytů, obklopených extracelulární matrix bohatou na glykosaminoglykany. Ve většině případů byly chondrocyty lokalizované v centrální části zjevně větší než chondrocyty umístěné na periférii ložiska. Imunoznačení protilátkou PCNA prokázalo, že chondrocyty proliferují.

Výsledky této studie dokazují, že v centrálním vazivovém tělese srdce křečka zlatého může chondrogenese začít od druhého dne po narození. Poté se velikost těchto buněčných skupin zvětší, částečně v důsledku buněčné proliferace a diferenciaci na hyalinní chrupavku nebo méně často na vazivovou chrupavku (Durán et al., 2004). Většina chrupavčitých ložisek vyskytujících se v aortálních chlopních se tvoří během prvních 40 dnů života, tj. když probíhá histogeneze chlopní. Naproti tomu nejvyšší produkce chrupavčitých ložisek v centrálním vazivovém tělese srdce odpovídá období mezi 40. a 80. dnem (Durán et al., 2004).

U šimpanze byla přítomnost os cordis nebo cartilago cordis spojena s progresí onemocnění a věkem (Moittie et al., 2020). U stárnoucích lidí bylo také pozorováno zvýšení vápníku, fosforu a hořčíku v pravém a levém vláknitém trigonu (Tohno et al., 2007).

Navzdory výše zmíněným studiím a některým našim výsledkům, které naznačují provázanost os cordis s věkem, je téměř jisté, že se os cordis nestane spolehlivým nebo rutinně užívaným indikátorem věku jedinců (jak někteří badatelé doufali – např. Campbell, 1997).

### 5.2.2 Fylogenetické rekonstrukce

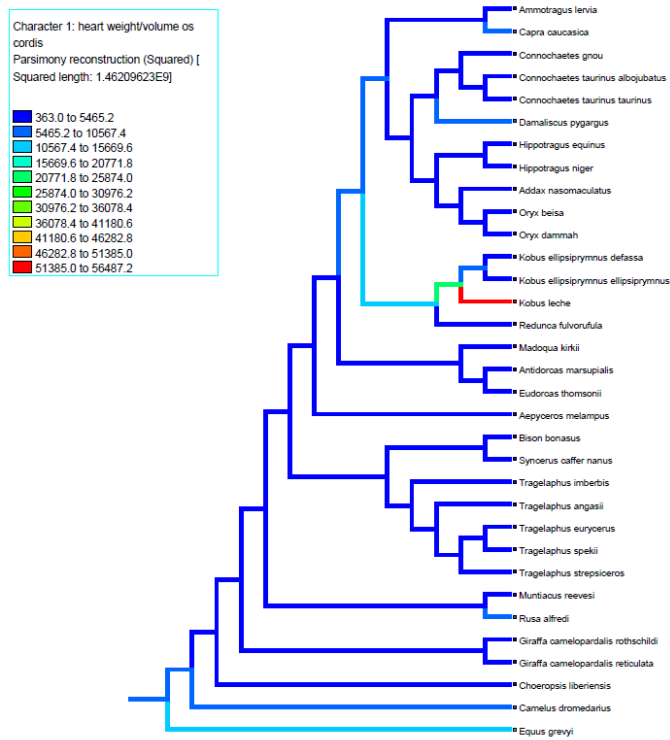
Pokud přijmeme data z literatury a naše data, která byla dokumentována, mohou i tak být limitující menší počty jedinců u některých druhů. Jako kvalitní, můžeme výsledky fylogenetických rekonstrukcí shrnout tímto způsobem:

- 1) rekonstrukce každého parametru os cordis je relativně komplexní;
- 2) parametry os cordis se často významně liší mezi blízkými druhy;
- 3) sdílené parametry os cordis jsou spíše vzácné: dá se říci, že žirafy, tuři a jim sesterští lesoni, popř. některé další menší skupiny (Antilopini, Alcelaphini) disponují rozvinutými os cordis, naopak absence je, podle aktuálního omezeného taxonomického vzorkování, typická pro lamy a kytovce a snad většinu saveců mimo sudokopytníky.

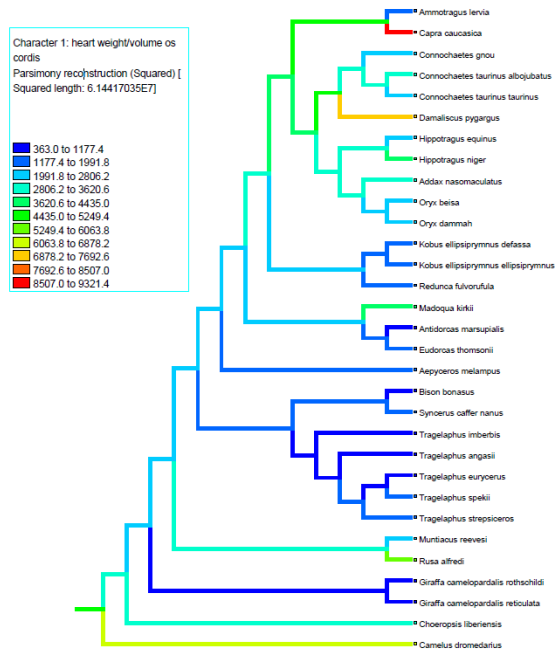
Fylogeneticky os cordis doposud posuzována nebyla, což patrně souvisí s omezeným počtem studií, nepravidelným výskytem u řady druhů, jakož i tvarově spíše homogenní nebo naopak příliš variabilní povahou os cordis.

V kontextu této diskuse je tedy nabízen ještě pokus o relativizaci, kdy byla zrekonstruována evoluce indexu, která by měla částečně relativizovat os cordis k velikosti těla, v našem případě velikosti srdce. Konkrétně byla dělena hmotnost srdce objemem os cordis.

Je vidět (viz obr. 27), že os cordis je relativně nejmenší u zebry Grévyho a vodušky červené, po jejich vypuštění z rekonstrukce (viz obr. 28) výsledná analýza ukazuje, že os cordis je nejrozvinutější u žiraf, turů a jim příbuzným lesoňům, antilop r. *Antidorcas* a *Eudorcas*, kromě vodušky červené u ostatních vodušek a paovce.



Obrázek 27: Rekonstrukce evoluce indexu os cordis dextrum (z programu Mesquite) na základě vyšetřených druhů pomocí tomografu. Barevné značení odpovídá intervalům hodnot uvedených v levém horním rohu.



Obrázek 28: Rekonstrukce evoluce indexu os cordis dextrum po odebrání zebry Grévyho a vodušky červené (z programu Mesquite) na základě vyšetřených druhů pomocí tomografu. Barevné značení odpovídá intervalům hodnot uvedených v levém horním rohu.

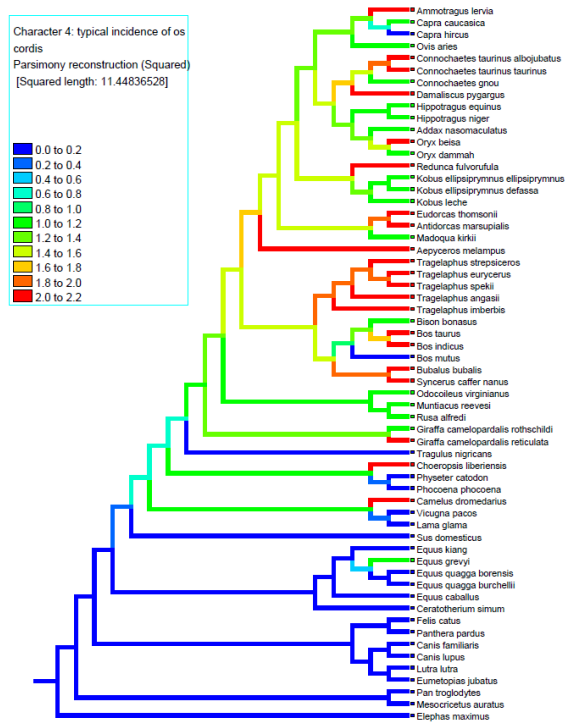
### 5.3 Detailnější diskuze výskytu a parametrů pro dílčí skupiny savců

Kvalita zdrojů dat pro tuto práci byla proměnlivá, jak s ohledem k počtu jedinců za dílčí taxony, tak v míře udávaných detailů. Literatura o os cordis je nevyvážená v tom ohledu, že autoři spíše publikují nález os cordis, kdežto její nepřítomnost, ač dokladovaná, patrně nebude badatele motivovat k publikování.

Naše představy o výskytu os cordis (viz Výsledky) tak můžou být ovlivněny přítomností anomálních výskytů os cordis jak ohledem k typické-netypické incidenci, tak povahy osifikace, která nemusí být typickou vlastností organismu, ale patologií.

Pokud si v rámci této diskuze zrekonstruujeme výskyt os cordis na základě majoritní (ne)přítomnosti os cordis, rekonstrukce je u skupin mimo sudokopytníky jednoznačnější. Tzn.

mimo sudokopytníky se typicky nezakládá (výskyt u zebry Grévyho je patrně spojen s patologií), přičemž v rámci sudokopytníků si ji přiřídil předek všech skupiny mimo prasat, přičemž pětkrát došlo k jejímu vymizení a vícekrát se zvýšil počet jedné os cordis na dvě. Lze říci, že určitou homogenitu-konzervativnost patrně sdílí jelenovití, lesoni a vodušky r. *Kobus*.



Obrázek 29 - Rekonstrukce majoritního výskytu os cordis (z programu Mesquite) na základě tomograficky vyšetřených druhů a údajů z literatury na škále: žádná os cordis (0)-jedna os cordis (1)-dvě os cordis (2). Barevné značení odpovídá intervalům hodnot uvedených v levém horním rohu.

Toto srovnání tedy ukazuje, že s pomocí stejných zdrojů můžeme dospět k rozdílným závěrům a interpretacím. I proto tato diskuse níže diskutuje detailněji výskyt a parametry os cordis pro dílčí taxony:



### 5.3.1 Artiodactyla

Většina druhů s dokumentovanou os cordis spadá do tohoto řádu, nicméně u některých čeledí je její výskyt problematický. Míra poznání os cordis u této skupiny je patrně ovlivněna velikostí těchto zvířat (os cordis je lépe detekovatelná), ale především využíváním řady zástupců jako domestikantů. Pozornost badatelů je věnována této skupině i pro pravidelný výskyt dvou osifikací kolem pravého a levého semilunárního cípu aortální chlopně (Mansour et al., 2017).

#### **Suidae**

U čeledi Suidae nebyla v rešeršních studiích nalezena plně vyvinutá os cordis, jednalo se však pouze o dvě studie, z toho jedna zahrnovala půl leté jedince, u druhé věk nebyl uveden (Gómez-Torres et al., 2021; Murata & Yamada, 1986). Naproti tomu Daasch (1925) popisuje osifikaci u některých jedinců (nad tři roky věku), ovšem třeba Najbrt et al. (1980) os cordis u prasete neuvádí. V rámci studie bylo také provedeno skenování pomocí výpočetní tomografie několika srdcí druhu *Sus scrofa*, získaných při nahánce ve školním lese České zemědělské univerzity v lesích u Červeného Kostelce. Všechna zkoumaná srdce pocházela od mladých jedinců do dvou let věku a nevykazovala žádnou tkáň s náznakem osifikace. Vzhledem k tomu, že vzorek byl získán od mladých jedinců, nebyl zahrnut detailně do této práce. Proto je třeba dalšího výzkumu, který by se zaměřil na sběr dat od starších jedinců a mohl potvrdit nebo vyvrátit existenci os cordis u této čeledi.

#### **Tylopoda**

Ačkoliv studie Hegaziho, 1954 tvrdí, že velbloudí srdce má pouze jednu os cordis, studie El-Gandyho, 2023 našla u několika (3) jedinců velblouda kosti dvě. V rámci našeho výzkumu byla nalezena pouze os cordis dextrum, což ale mohlo být ovlivněno malým vzorkem, který čítal pouze dva jedince. Jistě by tedy stálo za to se vrátit k této problematice v dalších studiích, až bude sesbíráno větší množství velbloudích srdcí.

Ghonimi (2014) tvrdí, že vývoj osifikovaných struktur v srdečním skeletu velbloudího srdce není tak závislý na pohlaví a velikosti orgánu, jako spíše na věku jedince. To by mohlo svědčit o vlivu mechanické zátěže a tlaku aortálního prstence na srdce během srdečního cyklu. Naše studie však naznačuje pro všechny studované druhy, že mimo zmiňovaný vliv věku má na tvorbu a velikost os cordis zároveň vliv samotného orgánu.

Os cordis dextrum velbloudů se ve vrcholném stádiu vývoje skládala z kompaktní a houbové kosti s kostní dřevě obsahující hemopoetické buňky a osteocyty, osteoblasty a osteoklasty. Naopak, os cordis sinistrum postrádala přítomnost tkáně kompaktní kosti. Spolu s běžnější přítomností os cordis dextrum lze i na základě tohoto histologického vývoje konstatovat lepší vyvinutost os cordis dextrum (Balah et al., 2014).

Zároveň byla u velbloudů detekována v rámci studie El-Gandyho, 2023 agregace osteocytů a houbovitě kosti ve stěně vzestupné aorty, což by mohlo naznačovat tvorbu třetí kosti, kterou autor nazval os aorta. Tento jev by si zasloužil další zkoumání v budoucnosti. Z našeho fylogenetického zhodnocení vyvstává i potřeba prověřit nepřítomnost os cordis u lam, která kontrastuje s výskytem u velbloudů.

### **Whippomorpha**

U této skupiny bylo zjištěno, že hrošík měl dokonce dvě os cordis, zatímco sviňucha žádnou. Tento jev by mohl být ovlivněn prostředím, ve kterém tyto živočichové žijí, přičemž kytovci se vyznačují nepřítomností jakéhokoliv vazivového aparátu podporujícího stavbu srdce (James et al., 1995). Konkrétně James et al. (1995) konstatuje, že nepozoroval u vorvaně žádné centrální vláknité těleso nebo os cordis.

Domnělou výhodou kosti v centrálním vazivovém tělese by mohla být její mechanická ochrana a pevnost v této výjimečně namáhané části srdce a případně k ochrana přilehlého atrioventrikulárního uzlu a Hisova svazku. Celá oblast spojení mezi síňovými a komorovými přepážkami totiž zjevně postrádá jakýkoli viditelný důkaz velké mechanické pevnosti. Tato hypotetická mechanická nevýhoda může být méně důležitá pro kytovce v jejich, čistě vodním prostředí.

### **Ruminantia**

#### **Tragulidae**

Výskyt os cordis u kančiloovitých vyžaduje detailní analýzu. Námí studovaný kančil balabacký os cordis neměl, nicméně u rodu *Hyemoschus* ji explicitně uvádí Dubois (2017). Navzdory pročetí jim udávaných studií nebyl nalezen primární zdroj konstatující tento fakt.

### **Giraffidae**

Během anatomického vyšetření ve studii Perez et al., (2008) byla v srdci žirafy (*Giraffa camelopardalis rothschildi*) zaznamenána pouze jedna os cordis v pravém trigonu srdečního skeletu, přičemž levý vazivový trigon obsahoval pouze malou strukturu složenou z hyalinní chrupavky. Nicméně v rámci skenovaných srdcí z vlastní sbírky byla pozorována druhá os cordis, a to konkrétně u druhu *Giraffa camelopardalis reticulata*. U tohoto jedince byly navíc zjištěny četné kalcifikace v oblasti obou semilunárních chlopní, což může naznačovat vysokou úroveň osifikace u tohoto druhu nebo jistou míru patologických změn. Studie dalšího vzorku pocházejícího od druhu *Giraffa camelopardalis rothschildi*, stejně jako už u zmíněné studie Perez et al. (2008), poukázala na přítomnost pouze os cordis dextrum. Je třeba však poznamenat, že se jedná o nízký počet zkoumaných vzorků a bude jistě třeba dalšího výzkumu.

### **Cervidae**

Sice bylo pro práci omezené taxonomické vzorkování, nicméně i s pomocí literárních údajů je možno konstatovat relativní homogenitu-konzervativnost v počtu os cordis, možná související s regulovanou osifikací u této skupiny (Wang et al. 2019).

### **Bovidae**

Přestože byl charakter os cordis u řady skupin komentován u výsledků, práce si zde dovolí několik zobecnění. Tato čeleď má poměrně variabilní os cordis, co se velikostí a výskytu os cordis týče. Práce snad ukázala, díky rozšíření výzkumu na řadu divokých druhů, že některé charakteristiky (dvě os cordis, velikost) nejsou navázané jen na domácí druhy, ale jsou obecnější vlastností podskupin. „Kravský“ typ os cordis je sdílený s dalšími velkými tury, jakož i nejbližšími příbuznými – lesoni (Tragelaphini). Jakousi vývojovou kontrolu nad os cordis u řady turovitých je možné vyvozovat i ustáleností výskytu a tvaru os cordis (např. Islam, 2006, Campbell, 1997; Daghash, 2017, De Almeida et al., 2020).

Z hlediska míry rozvinutí os cordis se může stát, že se obě cordis propojí chrupavkou a v nejvyšším stádiu vývinu se tak mohou úplně spojit kostní tkání a vytvořit ucelenou půlkruhovou/kruhovou strukturu. (James, 1965). V rámci skenování našich srdcí byl náznak této půlkruhové struktury u nejvyvinutějších os cordis pozorován. Další variabilita v rámci turovitých může souviset s histologickou povahou, ačkoliv u nich bývá zmiňována především kompaktní a houbovitá kostní tkáň se dřeni (Frink, 1974; Daghash, 2017)

Přítomnost os cordis u turovitých blokuje obvyklou cestu Hisova svazku do hřebene komorového septa. V důsledku toho se nerozvětvený Hisův svazek musí pohybovat pod os cordis, aby dosáhl na pravou stranu komorové přepážky, kde zůstává relativně hluboko v mezích komorového myokardu. To je v kontrastu s lidským His svazkem, který leží těsně pod membránovou přepážkou na hřebenu mezikomorové přepážky. Kromě toho je nerozvětvený Hisův svazek u lidí obvykle dlouhý 2-3 mm, zatímco např. u ovcí je 4-6 mm (Frink, 1974).

### 5.3.2 Perissodactyla

Výskyt os cordis u lichokopytníků je podle literatury znám jen u dvou zástupců. Ačkoliv u domácího koně není os cordis udávána (např. Najbrt et al. 1980), Matsuda et al. (2010) jeden případ publikoval. Vzhledem k výskytu v neobvyklých místech (kost na vazivovém prstenci atrioventrikulární chlopně mezi anteriorním a posteriorním cípem) a kvůli zdravotním problémům této samice (úhyn ve 4 letech na srdeční arytmii, pozorován i podkožní edém ventrálního trupu, pleurální výpotek a ascites v pozdní březosti) může být ovšem považována za patologický stav. Pravá síň a komora a levá komora u tohoto jedince byly zároveň dilatované, všechna septa pravé atrioventrikulární chlopně byla zvětšená.

Dle Schmacka (1974) se u koní běžně vyskytuje hyalinní chrupavka v pravém vazivovém trigonu, někdy i v levém. V této studii byla zaznamenána os cordis u zebry Grévyho, její výskyt a parametry vůči ostatním příbuzným taxonům též značí patologický stav.

U nosorožce bylo nalezeno chrupavčité ložisko v místech, kde by měla být os cordis dextrum (Erdogan, 2014). Je tedy možné, že se kost jen nestihla vyvinout.

Pro celou skupinu platí, že k poznání výskytu a charakteru os cordis je třeba další studium.

### 5.3.3 Carnivora

Výskyty os cordis u šelem byly převážně považovány za patologii, zvláště do nedávného zařazení divokých druhů šelem. Nejvíce studií je k dispozici pro domácí psy a kočky.

Zatímco některé studie popisují chondrosarkomy či jiné atypické mineratilizace (např. Douglass et al., 2003; Dupuy-Mateos et al., 2008), jiné studie pozorují různé stupně osifikace či kalcifikace u více jedinců.

Na přítomnost chrupavčité metaplazie nebo osifikace a tvorby kostí v srdečním vláknitém skeletu psů velkých plemen různého věku upozornil Sandusky et al. (1979), přičemž tyto projevy pozoroval u všech věkových kategorií zkoumaných dobermanů od dvou a půl měsíce do sedmi a půl roku (Sandusky et al., 1979). U osmi srdcích ze všech 40 pocházejících od různých plemen psů bylo pozorováno chrupavčité ložisko s tvorbou kosti s dutým středem vyplněným tukovou tkání. U plemene doberman mělo všech deset zkoumaných psů chondroidní metaplazii centrálního vazivového tělíska. Šest z nich mělo oblasti mineralizace v chrupavce (Sandusky et al., 1979). Toto pozorování by mohlo poukazovat na predispozici některých plemen k tvorbě kalcifikací. V této studii byly metaplazie a mineralizace chrupavky konzistentně pozorovány v centrálním vazivovém tělese a kořeni aorty. Tvorba chrupavky se lišila od několika chondroblastů a chondrocytů po zralé chondrocyty s mineralizací a tvorbou kostí v centrálním vazivovém těle. Více než jedna třetina psů velkých plemen vyšetřených s osifikací v centrálním vazivovém tělese neměla žádné jiné abnormality (Sandusky et al., 1979).

James (1968) poukázal na fakt, že metaplazie chrupavky v srdečním skeletu s fokální degenerací u psů dobermanů různého věku vede k náhlé smrti. V Hisově svazku pravidelně docházelo k nápadné transformaci centrálního vazivového tělesa, která zahrnovala kostní cystu u 8 z 11 psů a přilehlé ostrůvky chrupavky u 10 z 11 (James, 1968). Ve srovnávacích studiích s hovězím srdcem, které normálně obsahuje os cordis přímo sousedící s Hisovým svazkem, byl významný rozdíl v tom, že místní malé koronární tepny byly normální u skotu ale u psů byly místy zúžené. Na tomto základě James (1968) došel k závěru, že degenerace Hisova svazku je způsobena chronickou ischemií, která je spojena s metabolickou kompeticí s chrupavkou a nově vytvořenou kostí o mnohem snížené zásobení krví. S prevalencí 0,61 % ve studované populaci jsou kalcifikace aorty a srdce u psa poměrně vzácným radiografickým nálezem (Schwarz 2002). Protože jsou tyto léze nadměrně zastoupeny u starších psů, naznačují, že mineralizace aorty a srdce jsou způsobeny buď degenerativními změnami souvisejícími s věkem nebo hronickými chorobnými procesy, ke kterým dochází v pokročilém věku. Opět zde zároveň může být znovu poukázáno na možnou souvislost osifikace srdce s plemennou predispozicí a lze tak říci, že by si tento jev jistě zasloužil další studii.

U 63 koček s kardiomyopatií byla pozorována degenerace tkáně spojená s tvorbou chrupavky nebo kosti v centrálním vazivovém tělese (Liu et al., 1975). Po kardiovaskulárním onemocnění (nehnisavá endokarditida a myokarditida) mělo 58 ze 63 srdcí koček (*Felis catus*) ostrůvky

Okomentoval(a): [JR2]: Je v citacích?

chrupavky v centrálním vazivovém tělese a u dalších 19 srdcích byla v této oblasti nalezena kost (Liu et al., 1975).

U vyder (*Lutra lutra*), menšího druhu, je přítomnost kosti v srdečním skeletu také považována za normální jev a její prevalence se zvyšuje s věkem, protože byla zjištěna u 11 ze 13 srdcí dospělých vyder, ale nikoliv u mláďat (Egerbacher et al., 2000). Skelet srdce byl u tohoto druhu složen z hrubých kolagenových vláken s kousky vazivové nebo hyalinní chrupavky, kalcifikované chrupavky a lamelární kosti, u některých i s kostní dřeví (Egerbacher et al., 2000). Pomocí rentgenových snímků byly jasně identifikovány kosti a oblasti kalcifikované chrupavky. Kosti byly většinou protáhlé, ale nepravidelného tvaru, jejich délka byla 1,5–5,0 mm. Výskyt osifikace u tohoto, spíše menšího druhu, může být vysvětlen tím, že pro vznik kostních ložisek v srdečním skeletu by mohlo mít význam mechanické namáhání při neustálém ponořování a vynořování se z vody a prudké pohyby při lovu kořisti (Egerbacher et al., 2000).

Vcelku nezanedbatelný výskyt (43%) os cordis a cartilago cordis u lachtana ušatého (*Eumetopias jubatus*) (Yoshida, 2022) značí, že rozšíření taxonomického vzorkování u šelem by bylo užitečné pro poznání povahy srdeční osifikace v této skupině.

#### 5.3.4 Rodentia

Jak již bylo zmíněno, velmi podrobné údaje o osifikaci v srdci u hlodavců známe díky studii Durán et al. (2004) zaměřené na křečka zlatého. Podle nich byla chrupavka přítomna v centrálním vazivovém tělese u 118 (25 %) ze 472 jedinců. Dalších 104 křečků bylo použito pro detekci vápenatých usazenin v centrálním vazivovém tělese. Šest (5,8 %) vykazovalo kalcifikovanou chrupavku. Autoři navrhují hypotézu, že chrupavčitá ložiska v centrálním vazivovém tělese srdce působila jako čepy odolávající mechanickému napětí generovanému během srdečního cyklu (Durán et al., 2004).

Dodejme, že Hueper (1939) udává kousky chrupavky v srdci též u laboratorních myší a potkanů.

#### 5.3.5 Proboscidea

Výskyt srdeční kosti u slona byl v minulosti mnohokrát prověřován a diskutován. Galen uvádí, že našel kost v srdci slona. Salas (2014), Moulin (1682), Blair (1708) a Perrault (1734) ji

ne našli, což připisovali nižšímu věku zvířete, které pozorovali. Ve sloním srdci nenašel kost ani chrupavku Retzer (1912), což může asociovat se špatným vývinem trigona fibrosa u slona. Os cordis nebo nějaký stupeň fibrózy či kalcifikaci v srdci či aortě nenašel ani King (1938). Endo et al. (2005) naopak našel u 56 letého samce dvě zcela zkosnatělé os cordis nepravidelného tvaru, přestože u tohoto samce nebyly hlášeny žádné známky předchozího kardiovaskulárního onemocnění.

### 5.3.6 Primates

U primátů je osifikace známá díky nedávnému výzkumu pomocí microCT – Moittié et al. (2020). Šimpanz (*Pan troglodytes*) vykazoval jednu os cordis přítomnou ve 3 z 16 zkoumaných srdcí. Poloha kosti v trigonum fibrosum byla podobná jako u skotu a velbloudů, ale kost byla menší (6,1 mm). Navzdory těmto podobnostem se sudokopytníky je třeba poznamenat, že všechna tři šimpanzí srdce měla idiopatickou fibrózu myokardu. Vývoj os cordis u šimpanzů tak patrně koreluje s chronickým degenerativním kardiovaskulárním onemocněním (Moittié et al., 2020)

Histologie dvou hyperdenzních struktur v srdcích šimpanzů odhalila místa tvorby kostní tkáně, která obsahovala kostní dřevě složenou z dřevě tukové tkáně, četných osteocytů a velkého množství hemopoetických buněk. V další hyperdenzní oblasti histologie odhalila ohniskovou oblast mineralizované chrupavčité metaplazie s počáteční endochondrální osifikací. V dalších pozorovaných oblastech byla viditelná ložiska ektopických kalcifikací, dobře ohraničená oblast vývoje hyalinní chrupavky s oblastí centrální nekrózy a následné dystrofické mineralizace, u kterých ale nebyly pozorovány žádné náznaky kosti. (Moittié et al., 2020)

### 5.3.7 Výskyt os cordis u člověka

Makroskopická (tj. viditelná a hmatná) kalcifikace prstence mitrální chlopně byla pozorována u 258 (5–8 %) ze 3 334 nekropsií u pacientů starších 50 let. Byla také více než dvakrát častější u žen než u mužů a nápadně souvisela se stárnutím (Pomerance, 1970).

Podobné výsledky (zvyšující se kalcifikace koronárních tepen v závislosti na rostoucím věku) s ukládáním vápníku na stěnách aorty a na vazivovém skeletu báze srdce (mitrální a aortální prstence) pozoroval Barasch et al. (2006). Zhruba stejné procento ukládání vápníků do srdečních chlopní (8,75 % lidí (n = 103 z 1177) zaznamenal i Steiner et al. (2007).

Stupeň kalcifikace se pohyboval od malého lokalizovaného ložiska až po masivní postižení celého prstence; 103 z 258 postižených srdcí mělo časnou kalcifikaci pouze s malými plochami kalcifikace. 66 srdcí vykazovalo mírné stupně kalcifikace mitrálního prstence s rozsáhlejšími ložisky než v raných případech, ale nesahající podél celého prstence. Zbývajících 89 srdcí (17,5 % mužů a 43 % žen) mělo závažné změny, s tuhým zakřiveným vápnitým pruhem o průměru až 2 cm, který zabíral celou zónu mitrálního prstence. Na několik výjimek se kalcifikace šířila převážně směrem dolů a ve dvou srdcích byla kalcifikovaná protažená struktura obklopena silnou vazivovou tkání (Pomerance, 1970).

Okomentoval(a): [JR3]: Máme v citacích?

Okomentoval(a): [JR4R3]: Máme v citacích?

U lidí byl v osifikovaných chlopních detekován kostní morfogenetický protein. Podskupina chlopňových myofibroblastů se může diferencovat na osteoblastický fenotyp schopný podporovat tvorbu uložišť vápníku a kostí (Mohler et al., 2007).

## 6 Závěry a perspektivy

Na základě pozorování a vyhodnocení os cordis v této práci lze konstatovat, že:

- 1) Os cordis je patrně rozšířenější, než se doposud soudilo.
- 2) Její parametry na jedné straně souvisí s řadou vlastností jedince a druhu, na druhou stranu jsou v dokonalém souladu s jejím označením jako heterotypická kůstka – i mezi jedinci (i srovnatelného věku) téhož taxonu se může lišit velikostí, tvarem, jakož i samotnou (ne)přítomností.
- 3) Fylogenetické vyhodnocení značí sdílení určitých parametrů os cordis u některých skupin, ale současně i rozdílnost vůči blízkým druhům, jakož i komplexnost její evoluce u studovaných druhů. Současně je os cordis tedy někdy konzervativní, jindy (velmi) plastická.
- 4) Řada dosavadních studií obsahuje malé vzorky a neplnohodnotné vyhodnocení vlastností jedinců, pro které byla os cordis studována.
- 5) Z hlediska bodu 4) lze doporučit výzkum spíše menšího počtu druhů, pro které bude k dispozici slušné a vyrovnané vzorkování z hlediska sledovaných faktorů (pohlaví, věk (konkrétní, nikoliv věkové kohorty), hmotnost apod.) – ideálně ze stejných geografických míst a při stejném způsobu chovu, pokud by byla použita zvířata z lidské



péče – obecně lze tato zvířata doporučit, neboť u nich máme k dispozici detailnější údaje (přesný věk, historie jedince v chovu včetně případných zdravotních problémů apod.).

- Míru poznání os cordis je tedy možné vylepšit cíleným sběrem dat, detailní dokumentací (CT) a korektními (LM, GLMM) statistickými přístupy. Na základě pozorování v této práci lze doporučit CT technologii, vážit přinejmenším hmotnost srdce a sledovat u os cordis její objem a denzitu.

## 7 Literatura

- Akhtar, S., Hossain, F., Siddiqui, M., Alam, M., & Islam, M. (2011). Morphology and morphometrical studies on semi lunar heart valves of indigenous cattle (*Bos indicus*). *International Journal of Natural Sciences*, 1(1), 7–11. <https://doi.org/10.3329/ijns.v1i1.8608>
- Aupperle, H., März, I., & Schoon, H. A. (2008). Detection and characterization of chondroid metaplasia in canine atrioventricular valves. *Journal of Comparative Pathology*, 139(2–3), 113–120. <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2008.06.001>
- Balah, A., Bareedy, M. H., Abuel-Atta, A. A., & Ghonimi, W. (2014). Os cordis of mature Dromedary camel heart (*Camelus dromedarius*) with special emphasis on cartilago cordis. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 1(3), 130–135. <https://doi.org/10.5455/javar.2014.a26>
- Barasch E, Gottdiener JS, Larsen EK, Chaves PH, Newman AB, Manolio TA. Clinical significance of calcification of the fibrous skeleton of the heart and aortosclerosis in community dwelling elderly. The Cardiovascular Health Study (CHS). *Am Heart J*. 2006 Jan;151(1):39-47. doi: 10.1016/j.ahj.2005.03.052. PMID: 16368289.
- Best, A., Egerbacher, M., Swaine, S., Pérez, W., Alibhai, A., Rutland, P., Kubale, V., El-Gendy, S. A. A., Alsafy, M. A. M., Baiker, K., Sturrock, C. J., & Rutland, C. S. (2022). Anatomy, histology, development and functions of Ossa cordis: A review. *Journal of Veterinary Medicine Series C: Anatomia Histologia Embryologia*, 51(6), 683–695. <https://doi.org/10.1111/ahe.12861>
- © Brent Huffman, www.ultimateungulate.com. All rights reserved.  
*Campbell The skeleton of the heart 1997*. (n.d.).
- Caro-Vadillo, A., Pizarro-Díaz, M., Martínez-Merlo, E., García-Real, I., & Rodríguez-Sánchez, M. (2004). Clinical and pathological features of a cardiac chondrosarcoma in a dog. *Veterinary Record*, 155(21), 678–680. <https://doi.org/10.1136/vr.155.21.678>

nastavil formátování: Písmo: Kurzíva

nastavil formátování: Písmo: Kurzíva

nastavil formátování: Písmo: Kurzíva

nastavil formátování: Písmo: (výchozí) Times New Roman, 12 b., Barva písma: Automatická

Castelló J. R., 2016. *Bovids of the World. Antelopes, gazelles, cattle, goats, sheep, and relatives.* Princeton University Press, Princeton and Oxford, 664 pp.

Čihák, Radomír. Anatomie. Ilustrace Ivan HELEKAL, ilustrace Jan KACVINSKÝ, ilustrace Stanislav MACHÁČEK. Třetí, upravené a doplněné vydání. Praha: Grada, 2016. 3. svazek

Daghash, S., & Farghali, H. (2017). The cardiac skeleton of the Egyptian Water buffalo (*Bubalus bubalis*). *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*, 4(5–2017). <https://doi.org/10.22192/ijarbs>

De Almeida, M. C., Lopes, F., Fontes, P., Barra, F., Guimaraes, R., & Vilhena, V. (2015). Ungulates heart model: a study of the Purkinje network using India ink injection, transparent specimens and computer tomography. *Anatomical Science International*, 90(4), 240–250. <https://doi.org/10.1007/s12565-014-0255-9>

De Almeida, M. C., Sánchez-Quintana, D., Davis, N., Charles, F. R., Chikweto, A., Sylvester, W., Loukas, M., & Anderson, R. H. (2020). The ox atrioventricular conduction axis compared to human in relation to the original investigation of sunao tawara. *Clinical Anatomy*, 33(3), 383–393. <https://doi.org/10.1002/ca.23524>

Della Barbera, M., Laborde, F., Thiene, G., Arata, V., Pettenazzo, E., Pasquino, E., Behr, L., & Valente, M. (2005). Sovering annuloplasty rings: Experimental pathology in the sheep model. *Cardiovascular Pathology*, 14(2), 96–103. <https://doi.org/10.1016/j.carpath.2004.12.005>

Dellmann, H., & Eurell, J. (1998). *Textbook of veterinary histology* (5th ed.). Williams & Wilkins, a Waverly Company

Douglass, J. P., Berry, C. R., Thrall, D. E., Malarkey, D. E., & Spaulding, K. A. (2003). RADIOGRAPHIC FEATURES OF AORTIC BULBNALVE MINERALIZATION IN 20 DOGS. In *Veterinary Radiology & Ultrasound* (Vol. 44, Issue I).

Duan, D., Yu, S., Cui, Y., & Li, C. (2017). Morphological study of the atrioventricular conduction system and Purkinje fibers in yak. *Journal of Morphology*, 278(7), 975–986. <https://doi.org/10.1002/jmor.20691>

Dubost, G. (2017). Convergence characteristics between a rodent, the South American lowland paca, and a ruminant, the African water chevrotain: An exemplary case study. *Comptes Rendus - Biologies*, 340(3), 178–187. <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2017.02.001>

Dupuy, G. (2011). *[the deer's cross] les cahiers Cynégetiques Du Naturaliste*. Montbel.

Dupuy-Mateos, A., Wotton, P. R., Blunden, A. S., & White, R. N. (2008). Primary cardiac chondrosarcoma in a paced dog. *Veterinary Record*, 163(9), 272–273. <https://doi.org/10.1136/vr.163.9.272>

nastavil formátování: Písmo: (výchozí) Times New Roman, 12 b., Barva písma: Automatická

nastavil formátování: Písmo: Kurzíva

Durán, A. C., López, D., Guerrero, A., Mendoza, A., Arqué, J. M., & Sans-Coma, V. (2004). Formation of cartilaginous foci in the central fibrous body of the heart in Syrian hamsters (*Mesocricetus auratus*). *Journal of Anatomy*, 205(3), 219–227. <https://doi.org/10.1111/j.0021-8782.2004.00326.x>

nastavil formátování: Písmo: Kurzíva

Egerbacher, M., Weber, H., & Hauer, S. (2000). Bones in the heart skeleton of the otter (*Lutra lutra*). *Journal of Anatomy*, 196(3), 485–491. <https://doi.org/10.1017/S002187829900641X>

nastavil formátování: Písmo: Kurzíva

El-Gendy, S. A. A., Alsafy, M. A. M., Rutland, C. S., Ez Elarab, S. M., Abd-Elhafeez, H. H., & Kamal, B. M. (2023). Ossa cordis and os aorta in the one-humped camel: Computed tomography, light microscopy and morphometric analysis. *Microscopy Research and Technique*, 86(1), 53–62. <https://doi.org/10.1002/jemt.24256>

Endo, H., Sakai, T., Itou, T., Koie, H., & Kimura, J. (2005). Macroscopic observation and CT examination of the heart ventricular walls in the Asian elephant. *Mammal Study* (Vol. 30).

Erdoğan, S., Lima, M., & Pérez, W. (2014). Inner ventricular structures and valves of the heart in white rhinoceros (*Ceratotherium simum*). *Anatomical Science International*, 89(1), 46–52. <https://doi.org/10.1007/s12565-013-0199-5>

nastavil formátování: Písmo: Kurzíva

Frink, R. J., & Merrick, B. (1974). The sheep heart: Coronary and conduction system anatomy with special reference to the presence of an os cordis. *The Anatomical Record*, 179(2), 189–199. <https://doi.org/10.1002/ar.1091790204>

Ghallab A (2000) Introduction to functional and clinical histology, part I, Fourth Edition. Egypt, pp 192-196.)

Ghonimi, W. (2014). Os cordis of the Mature Dromedary Camel Heart (*Camelus dromedarius*) with special emphasis to the Cartilago Cordis. *Journal of Veterinary Science & Technology*, 05(04). <https://doi.org/10.4172/2157-7579.1000193>

nastavil formátování: Písmo: Kurzíva

nastavil formátování: Písmo: Kurzíva

nastavil formátování: Písmo: není Kurzíva

nastavil formátování: Písmo: není Kurzíva

Ghonimi, W., & Abuel-atta, A. A. (2016). Os cordis of the Mature Dromedary Camel Heart (*Camelus dromedaries*) with Os cordis of The Mature Dromedary Camel Heart ( *Camelus dromedaries* ) with special emphasis to the Cartilago Cordis. *January 2014*. <https://doi.org/10.4172/2157-7579.1000193>

nastavil formátování: Písmo: není Kurzíva

nastavil formátování: Písmo: není Kurzíva

nastavil formátování: Písmo: není Kurzíva

nastavil formátování: Písmo: není Kurzíva

nastavil formátování: Písmo: není Kurzíva

nastavil formátování: Písmo: není Kurzíva

nastavil formátování: Písmo: není Kurzíva

nastavil formátování: Písmo: není Kurzíva

nastavil formátování: Písmo: není Kurzíva

nastavil formátování: Písmo: není Kurzíva

nastavil formátování: Písmo: není Kurzíva

nastavil formátování: Písmo: není Kurzíva

nastavil formátování: Písmo: není Kurzíva

nastavil formátování: Písmo: není Kurzíva

Gómez-Torres, F., Ballesteros-Acuña, L., & Ruiz-Sauri, A. (2021). Morphological variations of the conduction system in the atrioventricular zone and its clinical relationship in different species. *Anatomical Science International*, 96(2), 212–220. <https://doi.org/10.1007/s12565-020-00575-7>

Gray (1995) Gray's Anatomy, 38th edn (ed. Williams PL). New York: Churchill Livingstone.

Hamid Hegazi, A. El. (1954). The Heart of the Camel. *British Veterinary Journal*, 110(3), 104–108.e2. [https://doi.org/10.1016/s0007-1935\(17\)50481-9](https://doi.org/10.1016/s0007-1935(17)50481-9)

nastavil formátování: Písmo: není Kurzíva

nastavil formátování: Písmo: není Kurzíva

Islam, M., Khan, M., Khan, S., & Haque, M. (2006). Gross **a**Anatomy of **t**The **a**Aortic **v**Valve of **i**Indigenous **c**Cattle (*Bos indicus*) of Bangladesh. *Bangladesh Journal of Veterinary Medicine*, 4(1), 31–37. <https://doi.org/10.3329/bjvm.v4i1.1522>

nastavil formátování: Písmo: Kurzíva

James, T. H. O. M. A. S. N., & Drake, E. H. (1968). Sudden **d**Death in Doberman **p**Pinschers  
*Requests for reprints should be addressed to.* 821–829.

nastavil formátování: Písmo: není Kurzíva

nastavil formátování: Písmo: není Kurzíva

James, T. N. (1965). Anatomy of the sinus node, AV node and os cordis of the beef heart. *The Anatomical Record*, 153(4), 361–371. <https://doi.org/10.1002/ar.1091530405>

nastavil formátování: Písmo: není Kurzíva

nastavil formátování: Písmo: není Kurzíva

James, T. N., Kawamura, K., Yamamoto, S., Terasaki, F., & Hayashi, T. (1995). Anatomy of the **s**Sinus **n**Node, AV **n**Node, and **h**His **b**Bundle of the **h**Heart of the Sperm **w**Whale (*Physeter macrocephalus*), **w**With a **n**Note on the **a**Absence of an **o**Os **c**Cordis. In *THE ANATOMICAL RECORD* (Vol. 242).

nastavil formátování: Písmo: není Kurzíva

nastavil formátování: Písmo: není Kurzíva

nastavil formátování: Písmo: Kurzíva

Kelsall, M. A., & Visci, M. (1970). *Aortic Cartilage in the Heart of Syrian Hamsters.*  
<https://doi.org/10.1002/ar.1091660409>

King, R. L., Sidney Burwell, C., & White, P. D. (1938). Some notes on the anatomy of the elephant's heart. *The American Heart Journal*, 16(6), 734–742.  
<https://doi.org/10.1097/00000658-189607000-00001>

Knápek, Martin. Jak a kde hledat hubertku? Online. *Myslívost*. 2007, roč. 2007, č. 11, s. str. 20.  
Dostupné z: Časopis myslívost, <https://www.myslívost.cz/Casopis-Myslívost/Myslívost/2007/Listopad---2007/Jak-a-kde-hledat-hubertku->. [cit. 2024-04-29].

Liu, S., Tilley, L. P., & Tashjian, R. J. (1975). Lesions of the conduction system in the cat with cardiomyopathy. *Recent Adv Stud Cardiac Struct Metab.*, 10.

Long, C. A., & Smart, D. L. (1998). Variation and correlation of the os cordis and heart in **o**Odocoileus virginianus. *Texas Journal of Science*, 50(4), 267–290.  
<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19990609147>

nastavil formátování: Písmo: Kurzíva

nastavil formátování: Písmo: Kurzíva

Luis Alejandro Salas. (2013). *Anatomy and Anatomical Exegesis in Galen of Pergamum.*

Maddison, W. P. and D.R. Maddison. 2023. Mesquite: a modular system for evolutionary analysis. Version 3.81 <http://www.mesquiteproject.org>

Maguigad, M., & Balagan, E. J. (2021). Gross Anatomy of the **h**Heart of **m**Mature Philippine Water **b**Buffalo (*Bubalus bubalis* L.). *CLSU International Journal of Science & Technology*, 5(1), 11–26. <https://doi.org/10.22137/ijst.2021.v5n1.02>

nastavil formátování: Písmo: Kurzíva

Massari, C. H. D. A. L., Ferreira-Silva, A., Riceti-Magalhães, H. I., Souza-Silva, D. R., & Miglino, M. A. (2022). Tomografía computarizada del hueso cardíaco en un cordero (*Ovis aries* Linnaeus, 1758). *Revista MVZ Cordoba*, 27(1), 1–10. <https://doi.org/10.21897/RMVZ.2153>

nastavil formátování: Písmo: Kurzíva

- Matsuda, K., Tabata, S., Kawamura, Y., Kurosawa, T., Yoshie, N., & Taniyama, H. (2010). Ectopic ossification with haematopoietic bone marrow in the heart valves of a crossbred heavy horse. *Journal of Comparative Pathology*, 143(2–3), 213–217. <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2010.01.013>
- Mattoon, J. S., Gerros, T. C., & Brimacombe, M. (2001). Thoracic radiographic appearance in the normal llama. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 42(1), 28–37. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2001.tb00900.x>
- Matumoto K (1938) Beiträge zur Kenntnis der vergleichenden Anatomie des Herzknoorpels. Keijo J. Med. 2, 114–168.)
- Mohammadpour, A. A., & Arabi, M. (2007). Morphological study of the heart and os cordis in sheep and goat. *Indian Veterinary Journal*, 85, 284–287.
- Mohler ER, Gannon F, Reynolds C, Zimmerman R, Keane MG et al. (2001) Bone formation and inflammation in cardiac valves. *Circulation*, 103, 1522e1528.)
- Moittié, S., Baiker, K., Strong, V., Cousins, E., White, K., Liptovszky, M., Redrobe, S., Alibhai, A., Sturrock, C. J., & Rutland, C. S. (2020). Discovery of os cordis in the cardiac skeleton of chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Scientific Reports*, 10(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66345-7>
- Murata, H., & Yamada, K. (1986). Glycosaminoglycans in the cartilage of the porcine heart as studied by light microscopic histochemical methods. *Acta Histochemica*, 79(1), 83–92. [https://doi.org/10.1016/S0065-1281\(86\)80104-0](https://doi.org/10.1016/S0065-1281(86)80104-0)
- Najbrt, Radim *Veterinární anatomie*. 1 / R. Najbrt a kolektiv. Druhé, upravené vydání. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1980. 520 stran: ilustrace (Živočišná výroba)
- Nabipur, A. (2002). Anatomy and histology of the atrioventricular node of goats (*Capra hircus*). *Journal of Applied Animal Research*, 22(2), 255–260. <https://doi.org/10.1080/09712119.2002.9706407>
- Perez, W., Lima, M., Pedrana, G., & Cirillo, F. (2008). Heart anatomy of *Giraffa camelopardalis rothschildi*: A case report. *Veterinari Medicina*, 53(7), 117–123. <https://doi.org/10.17221/1937-VETMED>
- Pérez, W., Méndez, V., Vazquez, N., Navarrete, M., & König, H. E. (2018). Gross anatomy of the heart of the alpaca (*Vicugna pacos*, Linnaeus 1758). *Journal of Veterinary Medicine Series C: Anatomia Histologia Embryologia*, 47(2), 110–118. <https://doi.org/10.1111/ahc.12327>
- Pomerance, A. (1970) Pathological and Clinical Study of Calcification of the Mitral Valve Ring. *Journal of Clinical Pathology*, 23, 354-361. <https://doi.org/10.1136/jcp.23.4.354>

nastavil formátování: Písmo: Kurzíva

nastavil formátování: Písmo: Kurzíva

nastavil formátování: Písmo: Kurzíva

nastavil formátování: Písmo: Kurzíva

nastavil formátování: Písmo: Kurzíva

Pour, A. A. M. (2004). Comparative morphometry of the heart in Holstein and a Native Iranian cow breeds with emphasis on the os cordis. *The Indian Veterinary Journal*, 81, 806–809.

Retzer, R. (1912). The anatomy of the heart of the Indian elephant. *The Anatomical Record*, 6(3), 75–90.

Rodgers J., George C., Bell C., 2004. Recognition of the os cordis, a neglected skeletal element. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 24(3), S3, 105A, DOI: 10.1080/02724634.2004.10010643.

Rumph, P. F. (1975). *An osteology of the white-tailed deer*. 1–23.

Prothero J. Heart weight as a function of body weight in mammals. *Growth*. 1979 Sep;43(3):139-50. PMID: 510954.

Schmack, K. (1974). *Die Ventilebene des Herzens bei Pferd*. University of Giessen.

Schreiber J.J., Anderson P.A., Rosas H.G., Buchholz A.L., Au A.G. Hounsfield units for assessing bone mineral density and strength: a tool for osteoporosis management. *J Bone Joint Surg Am*. 2011;93:1057–1063.

Schwarz, T., Sullivan, M., Störk, C. K., Willis, R., Harley, R., & Mellor, D. J. (2002). Aortic and cardiac mineralization in the dog. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 43(5), 419–427. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2002.tb01028.x>

Steiner I, Kašparová P, Kohout A, Dominik J (2007) Bone formation in cardiac valves: a histopathological study of 128 cases. *Virchows Archiv*, 450, 653e657

TIBCO Software Inc. (2020). Data Science Workbench, version 14. <http://tibco.com>

Tohno, Setsuko & Azuma, Cho & Tohno, Yoshiyuki & Moriwake, Yumi & Izu, Atsuko & Kumai, Tsukasa & Minami, Takeshi. (2007). Increases of Calcium, Phosphorus, and Magnesium in Both the Right and Left Fibrous Trigones of Human Heart with Aging. *Biological trace element research*. 119. 111-9. 10.1007/s12011-007-0053-5.

Wilson D. E., Mittermeier R. A. (eds.) - *Handbook of the mammals of the World, Vol. 2: Hoofed mammals*. Lynx Edicions, Barcelona, 885 pp.

Woodard, J. C., Shields, R. P., Aldrich, H. C., & Carter, R. L. (1982). Calcium phosphate deposition disease in Great Danes. *Vet. Pathol* (Vol. 4).

Yoshida, M., Miyoshi, K., Tajima, T., Wada, A., Ueda, H., & Kooriyama, T. (2022). Anatomical features of ossa cordis in the Steller sea lion. *Journal of Veterinary Medical Science*, 84(5), 660–665. <https://doi.org/10.1292/jvms.21-0261>

nastavil formátování: Písmo: 12 b.

nastavil formátování: Písmo: 12 b.

nastavil formátování: Písmo: (výchozí) Times New Roman, 12 b., Barva písma: Automatická

# Přílohy

Příloha 1 – Databáze jedinců, jejichž srdce byla pro tuto studii získána a studována

ID vzorku	Rod	druh	Datum narození	Datum úhynu	Věk v době úhynu	Hmotnost srdce (g)	Výška srdce (mm)	Šířka srdce (mm)	Obvod srdce (mm)	Pohlaví
addnasM001	<i>Addax</i>	<i>nasomaculatus</i>	29.12.2009	22.09.2021	11y, 8m, 24d	551	143,09	112,04	311	M
addnasM002	<i>Addax</i>	<i>nasomaculatus</i>	19.09.2014	19.01.2022	7y, 4m, 0d	525	150,11	99,09	300	M
aepmelF001	<i>Aepyceros</i>	<i>melampus</i>	17.01.2020	08.07.2021	1y, 5m, 21d	153	94,05	62,09	197,7	F
aepmelF002	<i>Aepyceros</i>	<i>melampus</i>	21.12.2011	01.10.2022	10y, 10m, 13d	221	86,90	62,48	211	F
aepmelM001	<i>Aepyceros</i>	<i>melampus</i>	23.01.2019	16.02.2021	2y,0m,24d	169	96,45	64,65	198,1	M
aepmelM002	<i>Aepyceros</i>	<i>melampus</i>	12.01.2022	14.01.2022	0y, 0m, 2d	29	36,1	35,52	122	M
ammlerF001	<i>Ammotragus</i>	<i>lervia</i>	21.04.2014	01.09.2021	7y, 4m, 11d	190	98,55	69,78	216,27	F
ammlerF002	<i>Ammotragus</i>	<i>lervia</i>	08.09.2021	20.11.2021	1y, 2m, 12d	84	80,22	57,09	159	F
antmarF001	<i>Antidorcas</i>	<i>marsupialis</i>	28.05.2017	03.02.2021	3y, 8m, 6d	142	72,51	64,64	205	F
antmarF002	<i>Antidorcas</i>	<i>marsupialis</i>	17.02.2015	30.07.2021	6y, 5m, 13d	112	101,12	65,07	169	F
antmarF003	<i>Antidorcas</i>	<i>marsupialis</i>	11.06.2020	22.06.2021	1y, 0m, 11d	126	81,6	62,3	195	F
antmarF004	<i>Antidorcas</i>	<i>marsupialis</i>	23.12.2018	01.09.2019	3y, 0m, 30d	187	74,1	69,14	270	F
antmarM001	<i>Antidorcas</i>	<i>marsupialis</i>	09.10.2018	18.01.2021	2y, 3m, 9d	173	102,11	72,02	195	M
bisbonM001	<i>Bison</i>	<i>bonasus</i>	01.06.2017	24.11.2021	4y, 5m, 23d	1046	231,34	172,03	478	M
bisbonU001	<i>Bison</i>	<i>bonasus</i>	03.06.2018	06.01.2021	2y, 7m, 0d	1553	213,12	172,12	459	F
bosdwaM001	<i>Bos</i>	<i>taurus</i>	12.10.2021	30.09.2022	1y, 0m, 22d	880	165,55	128,43	365	M
boslagM001	<i>Bos</i>	<i>taurus</i>	12.03.2021	03.03.2022	0y, 11m, 19d	416	120,58	104,65	300	M
boswatF001	<i>Bos</i>	<i>taurus</i>	24.03.2022	28.03.2022	0y, 0m, 4d	104	84,04	64,14	180	F
boswatM001	<i>Bos</i>	<i>taurus</i>	18.09.2020	03.03.2022	1y, 5m, 13d	1352	193,67	156,38	442	M
cambacF001	<i>Camelus</i>	<i>bactrianus</i>	31.03.2023	01.04.2023	0y, 1m, 0d	247	100,97	110,1	225,5	F
camdroF001	<i>Camelus</i>	<i>dromedarius</i>	22.05.2008	16.08.2022	14y, 2m, 24d	2171	227,34	171,19	512	F
canlupF001	<i>Canis</i>	<i>lupus</i>	01.06.2013	21.04.2021	7y, 10m, 20d	263	110,12	111,09	270,1	F
capcauF001	<i>Capra</i>	<i>caucasica</i>	07.07.2002	30.06.2021	18y, 11m, 23d	169	99,76	73,11	187	F
capcauM001	<i>Capra</i>	<i>caucasica</i>	14.05.2013	05.06.2021	8y, 0m, 22d	173	89,22	71,80	188	M
cepnatF001	<i>Cephalophus</i>	<i>natalensis</i>	26.12.2021	26.01.2022	0y, 1m, 0d	16	43,4	31,9	90	F
cepnatF002	<i>Cephalophus</i>	<i>natalensis</i>	10.09.2022	18.09.2022	0y, 0m, 8d	16	45,11	47,34	96	F
cervnipF001	<i>Cervus</i>	<i>nippon</i>				97	85,02	66,11	188	
cholibF001	<i>Choeropsis</i>	<i>liberiensis</i>	15.02.1980	27.08.2022	42y, 6m, 12d	786	130,22	131,21	357	F
conalbF001	<i>Connochaetes</i>	<i>taurinus</i>	27.07.2007	30.10.2021	14y, 3m, 3d	709	138,8	113,8	333	F
congnof001	<i>Connochaetes</i>	<i>gnou</i>	23.05.2013	23.03.2021	7y, 10m, 0d	654	141,26	115,96	318,81	F
congnof002	<i>Connochaetes</i>	<i>gnou</i>	27.05.2007	15.07.2021	14y,1m,18d	598	155,01	121,00	309	F
congnof003	<i>Connochaetes</i>	<i>gnou</i>	09.06.2006	13.12.2021	15y, 6m, 4d	733	166,71	122,53	334	F
congnof004	<i>Connochaetes</i>	<i>gnou</i>	31.01.2010	29.11.2022	12y, 10m, 2d	663	141,21	95,04	305	F
congnom001	<i>Connochaetes</i>	<i>gnou</i>	11.06.2007	21.07.2021	14y, 1m, 10d	657	148,09	109,12	302	M
congnom002	<i>Connochaetes</i>	<i>gnou</i>	17.06.2020	15.12.2021	1y, 5m, 28d	380	142,27	109,82	312	M
congnom003	<i>Connochaetes</i>	<i>gnou</i>	22.05.2020	15.12.2021	1y, 6m, 23d	419	133,21	102,16	292,05	M
congnom004	<i>Connochaetes</i>	<i>gnou</i>	30.04.2021	18.01.2022	0y, 8m, 19d	385	122,28	104,29	286	M
congnom005	<i>Connochaetes</i>	<i>gnou</i>	03.05.2021	18.01.2022	0y, 8m, 15d	547	134,59	106,77	309	M
congnom006	<i>Connochaetes</i>	<i>gnou</i>	16.04.2020	13.12.2021	1y, 7m, 27d	409	135,57	91,23	263	M
congnom007	<i>Connochaetes</i>	<i>gnou</i>	28.04.2021	18.01.2022	0y, 8m, 21d	429	131,73	87,03	268	M
congnom008	<i>Connochaetes</i>	<i>gnou</i>	23.05.2010	06.10.2022	12y, 4m, 13d	765	153,88	129,34	356	M
contauf001	<i>Connochaetes</i>	<i>taurinus</i>	28.05.2022	29.05.2022	0y, 0m, 1d	111	81,65	59,34	161	F
contauf002	<i>Connochaetes</i>	<i>taurinus</i>	21.12.2006	17.05.2022	15y, 4m, 26d	1108	193,56	133,42	368	F
dampygM001	<i>Damaliscus</i>	<i>pygargus</i>	08.11.2009	13.10.2021	11y, 11m, 5d	437	130,20	106,78	283	M
dampygM002	<i>Damaliscus</i>	<i>pygargus</i>	10.06.2021	06.05.2022	0y, 10m, 26d	308	123,55	86,64	248	M

equgreF001	<i>Equus</i>	<i>grevyi</i>	20.12.1999	30.08.2022	22y, 8m, 10d	1310	189,37	156,22	409	F
equkiaF001	<i>Equus</i>	<i>kiang</i>	10.07.1997	13.01.2022	24y, 6m, 3d	2068	179,35	184,66	469	F
eququaF001	<i>Equus</i>	<i>quagga</i>	08.12.2020	07.05.2021	0y, 4m, 29d	286	110,08	86,73	241	F
eququaF002	<i>Equus</i>	<i>quagga</i>	18.07.2008	05.10.2021	13y, 2m, 17d	1007	140,12	147,04	391	F
eququaF003	<i>Equus</i>	<i>quagga</i>	15.02.2022	15.02.2022	0y, 0m, 0d	152	60	63,09	211	F
eququaF004	<i>Equus</i>	<i>quagga</i>	06.11.2019	24.11.2022	3y, 0m, 18d	602	115,6	104,6	307	F
eququaF005	<i>Equus</i>	<i>quagga</i>	22.08.2021	20.12.2021	3m, 28d	728	120,1	124,7	376	F
eququaF006	<i>Equus</i>	<i>quagga</i>	13.12.2011	22.12.2021	8y, 11m, 14d	1354	154,4	149,6	409	F
eququaM001	<i>Equus</i>	<i>quagga</i>	09.09.2017	18.09.2020	3y, 0m, 9d	618	129,68	117,43	345	M
eququaM002	<i>Equus</i>	<i>quagga</i>	11.04.2022	13.04.2022	0m, 0m, 2d	410	104,1	114,3	281	M
equsomM001	<i>Equus</i>	<i>africanus</i>	15.05.2020	04.11.2021	1y, 5m, 20d	1245	131,59	156,9	410	M
equsomM002	<i>Equus</i>	<i>africanus</i>	31.05.2020	04.11.2021	1y, 5m, 4d	1020	182,03	142,19	389	M
eudthoF001	<i>Eudorcas</i>	<i>thomsonii</i>	25.03.2008	05.02.2021	12y, 10m, 11d	159	92,34	65,62	203	F
eudthoF002	<i>Eudorcas</i>	<i>thomsonii</i>	24.01.2016	22.12.2021	5y, 10m, 28d	124	182,23	62,05	169	F
eudthoF003	<i>Eudorcas</i>	<i>thomsonii</i>	16.01.2021	20.01.2021	0y, 0m, 4d	15	46,7	33,5	90	F
eudthoM001	<i>Eudorcas</i>	<i>thomsonii</i>	24.10.2020	10.06.2021	0y, 7m, 17d	85	61,67	57,23	172	M
eudthoM002	<i>Eudorcas</i>	<i>thomsonii</i>	22.02.2022	26.02.2022	0y, 0m, 4d	16	47,8	36,9	90	M
gircamF001	<i>Giraffa</i>	<i>camelopardalis</i>	01.11.2001	24.09.2022	20y, 10m, 23d	2609	272,82	192,77	524	F
girretF001	<i>Giraffa</i>	<i>camelopardalis</i>	23.12.2001	25.11.2022	20y, 11m, 2d	3549	375,08	157,38	577	F
hipequF001	<i>Hippotragus</i>	<i>equinus</i>	21.02.2012	22.10.2020	8y, 8m, 1d	1400	192,6	140,17	403	F
hipequF002	<i>Hippotragus</i>	<i>equinus</i>	15.03.2008	12.04.2021	13y, 0m, 28d	1014	188,25	132,2	347	F
hipequF003	<i>Hippotragus</i>	<i>equinus</i>	07.04.2021	14.07.2021	0y, 3m, 7d	173	101,20	70,20	211	F
hipequF004	<i>Hippotragus</i>	<i>equinus</i>	21.03.2011	20.07.2021	10y, 3m, 29d	775	172,32	106,72	321	F
hipequF005	<i>Hippotragus</i>	<i>equinus</i>	20.04.2007	22.07.2021	14y, 3m, 2d	996	157,44	134,23	356	F
hipequF006	<i>Hippotragus</i>	<i>equinus</i>	30.06.2005	28.04.2021	15y, 9m, 29d	1005	165,23	139,06	389	F
hipequF007	<i>Hippotragus</i>	<i>equinus</i>	25.03.2008	23.06.2022	14y, 2m, 29d	937	167,04	136,5	391	F
hipequM001	<i>Hippotragus</i>	<i>equinus</i>	23.01.2020	25.02.2021	1y, 1m, 2d	713	160,21	152,02	325,21	M
hipequM002	<i>Hippotragus</i>	<i>equinus</i>	13.02.2021	25.02.2021	1y, 0m, 12d	719	174,66	130,81	350,81	M
hipequM003	<i>Hippotragus</i>	<i>equinus</i>	14.01.2021	14.01.2021	0d	70	61,47	45,63	149,1	U
hipequM004	<i>Hippotragus</i>	<i>equinus</i>	01.04.2021	29.09.2021	0y, 5m, 28d	850	176,78	121,34	352	M
hipequM005	<i>Hippotragus</i>	<i>equinus</i>	25.02.2021	04.05.2022	1y, 2m, 9d	666	158,55	11,48	327	M
hipnigF002	<i>Hippotragus</i>	<i>niger</i>	11.05.2005	22.09.2021	16y, 4m, 11d	890	182,02	121,1	342	F
hipnigF003	<i>Hippotragus</i>	<i>niger</i>				596	159,87	111,97	304,1	F
hipnigF004	<i>Hippotragus</i>	<i>niger</i>	23.02.2020	25.03.2022	2y, 1m, 2d	690	135,43	125,24	318,07	F
hipnigM002	<i>Hippotragus</i>	<i>niger</i>	05.08.2021	05.08.2021	0y, 0m, 0d	91	53,05	58,84	181,01	M
hipnigM003	<i>Hippotragus</i>	<i>niger</i>	10.03.2021	02.07.2022	1y, 2m, 23d	687	176,64	124,44	343	M
hipnigM004	<i>Hippotragus</i>	<i>niger</i>	12.03.2021	03.03.2022	0y, 11m, 19d	617	159,98	112,36	302	M
hipnigM005	<i>Hippotragus</i>	<i>niger</i>	09.08.2021	02.06.2022	0y, 9m, 24d	626	160,51	109,56	300	M
hipnigM006	<i>Hippotragus</i>	<i>niger</i>	04.03.2021	03.03.2022	0y, 11m, 27d	668	167,82	108,90	322	M
hipnigM007	<i>Hippotragus</i>	<i>niger</i>	23.03.2021	03.03.2022	0y, 11m, 8d	619	168,21	128,49	318	M
kobellF001	<i>Kobus</i>	<i>ellipsiprymnus</i>	17.04.2010	02.04.2021	10y, 11m, 16d	655	164,27	112	334,27	F
kobellF002	<i>Kobus</i>	<i>ellipsiprymnus</i>	24.03.2015	31.07.2021	6y, 4m, 7d	604	162,23	104,27	293,66	F
kobellF003	<i>Kobus</i>	<i>ellipsiprymnus</i>	12.03.2021	30.06.2021	0y, 3m, 18d	149	63,06	63,65	197,2	F
kobellF004	<i>Kobus</i>	<i>ellipsiprymnus</i>	15.03.2022	16.03.2022	0y, 0m, 1d	75	72,31	57,04	146	F
kobellM001	<i>Kobus</i>	<i>ellipsiprymnus</i>	10.04.2021	13.05.2021	0y, 1m, 3d	121	75,51	61,26	189,2	M
kobelM002	<i>Kobus</i>	<i>ellipsiprymnus</i>	26.02.2021	12.01.2022	0y, 10m, 11d	199	112,04	90,42	253	M
kobelM003	<i>Kobus</i>	<i>ellipsiprymnus</i>	06.09.2006	22.11.2021	15y, 2m, 16d	853	166,35	119,76	338	M
kobelM004	<i>Kobus</i>	<i>ellipsiprymnus</i>	19.02.2021	25.11.2021	0y, 9m, 6d	515	145,90	100,80	299	M
kobelM005	<i>Kobus</i>	<i>ellipsiprymnus</i>	12.02.2021	12.01.2022	0y, 11m, 0d	383	129,4	94,7	278	M
koblecF001	<i>Kobus</i>	<i>leche</i>	12.12.2004	22.01.2021	16y, 1m, 10d	371	89,38	100,64	274,37	F
koblecF002	<i>Kobus</i>	<i>leche</i>	06.12.2009	27.01.2021	11y, 1m, 21d	434	138,48	89,06	269	F
koblecF003	<i>Kobus</i>	<i>leche</i>	01.01.2011	02.03.2021	10y, 2m, 1d	505	159,04	106,56	289	F



koblecF004	<i>Kobus</i>	<i>leche</i>	28.02.2003	14.01.2022	18y, 10m, 17d	441	142,22	92,5	270	F
koblecF005	<i>Kobus</i>	<i>leche</i>	08.05.2005	14.01.2022	16y, 8m, 6d	438	135,75	86,63	251	F
koblecM001	<i>Kobus</i>	<i>leche</i>	06.05.2020	18.03.2021	0y, 10m, 12d	331	110,19	90,36	253,2	M
koblecM002	<i>Kobus</i>	<i>leche</i>	18.06.2020	28.04.2021	0y, 10m, 10d	339	127,54	62,08	216,69	M
koblecM003	<i>Kobus</i>	<i>leche</i>	23.02.2022	24.02.2022	0y, 0m, 1d	26	52,3	36,2	106	M
koblecM004	<i>Kobus</i>	<i>leche</i>	09.04.2021	22.03.2022	0y, 11m, 13d	254	114,56	92,36	240	M
koblecM005	<i>Kobus</i>	<i>leche</i>	21.04.2021	22.03.2022	0y, 11m, 1d	321	133,6	88,1	248	M
kobmegM001	<i>Kobus</i>	<i>megaceros</i>	31.03.2021	08.12.2021	0y, 8m, 8d	238	59,75	77,27	235,51	M
kobmegM002	<i>Kobus</i>	<i>megaceros</i>	20.04.2021	08.12.2021	0y, 7m, 18d	270	98,37	71,77	231,07	M
madkirF001	<i>Madoqua</i>	<i>kirkee</i>	25.09.2015	28.06.2021	5y, 9m, 3d	41	58,24	41,12	121,09	F
madkirM001	<i>Madoqua</i>	<i>kirkee</i>	08.06.2021	24.07.2021	0y, 1m, 16d	14	44,2	27,1	81	M
madkirM002	<i>Madoqua</i>	<i>kirkee</i>	26.05.2008	02.11.2022	14y, 5m, 7d	21	41,1	32,3	90	M
munreeF001	<i>Muntiacus</i>	<i>reevesi</i>	28.05.2010	08.04.2021	10y, 10m, 11d	57	78,09	53,12	148	F
orybeiF001	<i>Oryx</i>	<i>beisa</i>	23.06.1999	05.05.2021	21y, 10m, 12d	603	153,02	111,12	300	F
orybeiM001	<i>Oryx</i>	<i>beisa</i>	03.05.2014	29.04.2021	6y, 11m, 26d	619	146,23	108,09	301	M
orydamF001	<i>Oryx</i>	<i>dammah</i>	10.03.2002	08.04.2021	19y, 0m, 29d	575	138,25	109,94	312	F
orydamF002	<i>Oryx</i>	<i>dammah</i>	17.02.2011	20.09.2022	11y, 6m, 3d	479	161,84	102,34	279	F
orydamM001	<i>Oryx</i>	<i>dammah</i>	11.09.2007	17.05.2021	13y, 8m, 6d	739	166,21	132,60	343	M
panparM001	<i>Panthera</i>	<i>pardus</i>	19.08.1995	25.12.2010	15y, 4m, 6d	232	98,3	83	212	M
phophoU001	<i>Phocoena</i>	<i>phocoena</i>			adult	166	81,7	94,2	234	UN
redfulF001	<i>Redunca</i>	<i>fulvorufula</i>	11.02.2016	25.06.2021	5y, 4m, 14d	74	65,8	55,12	172,05	F
redfulF002	<i>Redunca</i>	<i>fulvorufula</i>	18.06.2021	20.06.2021	0y, 0m, 2d	16	37,6	27,4	76	F
redfulF003	<i>Redunca</i>	<i>fulvorufula</i>	15.10.2011	25.10.2021	10y, 0m, 10d	125	80,29	62,01	191,55	F
redfulF004	<i>Redunca</i>	<i>fulvorufula</i>	08.03.2016	23.02.2022	5y, 11m, 15d	155	105	65	192	F
rusalfF001	<i>Rusa</i>	<i>alfredi</i>	15.05.1999	03.02.2015	15y, 8m, 19d	190	107,58	79,97	189	F
syncafF001	<i>Syncerus</i>	<i>caffer</i>	01.12.2019	16.09.2021	1y, 9m, 15d	1017	177,48	141,97	411	F
syncafF002	<i>Syncerus</i>	<i>caffer</i>	10.10.2019	11.01.2021	2y, 3m, 1d	966	184,93	140,78	397	F
syncafF003	<i>Syncerus</i>	<i>caffer</i>	26.01.2020	09.03.2022	2y, 1m, 11d	1464	201,56	147,54	456	F
syncafF004	<i>Syncerus</i>	<i>caffer</i>	19.12.2020	11.08.2022	1y, 7m, 23d	1519	202,98	163,27	468	F
syncafF005	<i>Syncerus</i>	<i>caffer</i>	05.09.2020	23.09.2022	2y, 0m, 18d	1383	182,9	168,4	441	F
syncafF006	<i>Syncerus</i>	<i>caffer</i>	30.11.2020	23.08.2022	1y, 8m, 26d	1152	172,90	137,26	401	F
syncafF007	<i>Syncerus</i>	<i>caffer</i>	28.11.2022	28.11.2022	0y, 0m, 0d	181	102,31	85,02	200,1	F
syncafM001	<i>Syncerus</i>	<i>caffer</i>	28.09.2019	02.09.2021	1y, 11m, 5d	1219	175,89	142,32	445	M
syncafM002	<i>Syncerus</i>	<i>caffer</i>	03.01.2022	03.01.2022	0y, 0m, 0d	267	104	76,97	259	M
syncafM003	<i>Syncerus</i>	<i>caffer</i>	03.01.2021	01.11.2022	1y, 10m, 0d	1606	202,31	159,31	439	M
syncafM004	<i>Syncerus</i>	<i>caffer</i>	07.03.2020	21.04.2022	2y, 1m, 14d	1531	191,49	152,44	463	M
syncafM005	<i>Syncerus</i>	<i>caffer</i>	28.11.2022	28.11.2022	0y, 0m, 0d	220	94,11	100,34	225,25	M
synnanF001	<i>Syncerus</i>	<i>caffer</i>	18.07.2018	13.10.2022	4y, 3m, 16d	1285	190,5	133,02	438	F
synnanF002	<i>Syncerus</i>	<i>caffer</i>	12.09.2022	12.09.2022	0y, 0m, 0d	139	88,36	74,59	192	F
synnanU001	<i>Syncerus</i>	<i>caffer</i>			0y, 0m, 0d	107	67,6	56,5	172	
tauryF001	<i>Taurotragus</i>	<i>oryx</i>	17.04.2022	26.09.2022	0y, 6m, 17d	378	129,1	97,5	270	F
tauryF002	<i>Taurotragus</i>	<i>oryx</i>	15.04.2022	28.09.2022	0y, 6m, 19d	352	112,55	84,07	235	F
tauryF003	<i>Taurotragus</i>	<i>oryx</i>	11.04.2022	26.10.2022	0y, 6m, 23d	278	128,39	76,98	233	F
tauryF004	<i>Taurotragus</i>	<i>oryx</i>	09.04.2022	26.10.2022	0y, 6m, 25d	326	120,15	84,56	232	F
tauryF005	<i>Taurotragus</i>	<i>oryx</i>	02.04.2022	26.10.2022	0y, 7m, 1d	445	145,2	92,9	269	F
tauryM001	<i>Taurotragus</i>	<i>oryx</i>	12.04.2022	13.09.2022	0y, 6m, 22d	331	110,8	77,48	242	M
tauryM002	<i>Taurotragus</i>	<i>oryx</i>	15.04.2022	01.10.2022	0y, 6m, 19d	313	125,87	89,01	249	M
tauryM003	<i>Taurotragus</i>	<i>oryx</i>	06.04.2022	26.10.2022	0y, 6m, 28d	398	151,78	88,04	263	M
tauryM004	<i>Taurotragus</i>	<i>oryx</i>	06.04.2022	22.09.2022	0y, 6m, 28d	427	109,66	92,55	268	M
tauryM005	<i>Taurotragus</i>	<i>oryx</i>	28.03.2022	21.09.2022	0y, 7m, 6d	420	105,56	95,24	259	M
traangF001	<i>Tragelaphus</i>	<i>angasii</i>	08.01.2010	09.03.2021	11y, 2m, 1d	295	138,18	96,03	238	F
traangF002	<i>Tragelaphus</i>	<i>angasii</i>	15.01.2017	12.12.2017	4y, 10m, 27d	297	126,11	86,04	251,03	F

traangF003	<i>Tragelaphus</i>	<i>angasii</i>	19.02.2021	06.10.2022	1y, 8m, 15d	143	84,12	61,17	175	F
traangF004	<i>Tragelaphus</i>	<i>angasii</i>	17.01.2010	24.08.2022	12y, 7m, 7d	305	134,74	79,22	226	F
traangF005	<i>Tragelaphus</i>	<i>angasii</i>	29.01.2008	03.11.2022	14y, 9m, 5d	309	132,73	87,39	233	F
traangF006	<i>Tragelaphus</i>	<i>angasii</i>	01.04.2022	30.09.2022	0y, 7m, 2d	154	74,01	45,22	156	F
traangM001	<i>Tragelaphus</i>	<i>angasii</i>	18.01.2019	04.03.2021	2y, 1m, 14d	205	95,92	68,7	218,11	M
traangM002	<i>Tragelaphus</i>	<i>angasii</i>	14.03.2021	18.03.2021	0y, 0m, 4d	29	50,9	36,1	104	M
traangM003	<i>Tragelaphus</i>	<i>angasii</i>	07.10.2014	19.10.2021	7y, 0m, 12d	337	123,48	84,09	248	M
traangM004	<i>Tragelaphus</i>	<i>angasii</i>	05.02.2019	05.05.2021	2y, 3m, 0d	169	81,21	65,86	211,11	M
traangM005	<i>Tragelaphus</i>	<i>angasii</i>	19.03.2021	14.06.2022	1y, 2m, 26d	105	86,33	66,09	172	M
traaurF001	<i>Tragelaphus</i>	<i>eurycerus</i>	17.04.2014	16.12.2021	7y, 7m, 29d	811	169,81	120,85	361	F
traaurM001	<i>Tragelaphus</i>	<i>eurycerus</i>	02.04.2011	15.12.2021	10y, 8m, 13d	1033	190,2	135,01	390	M
traimbF002	<i>Tragelaphus</i>	<i>imberbis</i>	05.03.2021	29.05.2021	0y, 2m, 24d	81	63,03	49,59	164	F
traimbF003	<i>Tragelaphus</i>	<i>imberbis</i>	19.05.2018	23.09.2021	3y, 4m, 4d	309	128,76	74,36	247	F
traimbF004	<i>Tragelaphus</i>	<i>imberbis</i>	24.05.2009	23.09.2021	12y, 3m, 30d	322	121,91	81,04	238	F
traimbF005	<i>Tragelaphus</i>	<i>imberbis</i>	22.10.2007	13.08.2021	13y, 9m, 22d	392	125,80	93,01	266	F
traimbF006	<i>Tragelaphus</i>	<i>imberbis</i>	29.03.2007	29.01.2021	14y, 3m, 0d	288	127,69	62,37	214	F
traimbF007	<i>Tragelaphus</i>	<i>imberbis</i>	28.12.2012	10.08.2022	9y, 7m, 13d	272	131,52	89,04	228	F
traimbF008	<i>Tragelaphus</i>	<i>imberbis</i>	12.05.2011	30.07.2022	11y, 2m, 18d	292	116,60	80,32	229	F
traimbM001	<i>Tragelaphus</i>	<i>imberbis</i>	10.10.2013	06.05.2021	7y, 6m, 26d	400	152,06	97,35	266	M
traimbM002	<i>Tragelaphus</i>	<i>imberbis</i>	17.03.2021	18.05.2021	0y, 2m, 1d	149	74,2	56,5	188	M
traimbM003	<i>Tragelaphus</i>	<i>imberbis</i>	13.02.2020	27.10.2021	1y, 8m, 14d	166	100,20	66,08	194	M
traimbM004	<i>Tragelaphus</i>	<i>imberbis</i>	10.03.2021	26.11.2021	0y, 8m, 16d	153	77,12	57,83	197	M
traimbM005	<i>Tragelaphus</i>	<i>imberbis</i>	26.05.2012	13.10.2022	10y, 5m, 8d	366	133,1	89,2	246	M
tranigF001	<i>Tragulus</i>	<i>nigricans</i>	01.11.2015	07.05.2019	3y, 6m, 6d					F
traspeF001	<i>Tragelaphus</i>	<i>spekii</i>	11.04.2021	11.04.2021	0y,0m, 0d	19	46,5	33,1	105	F
traspeF002	<i>Tragelaphus</i>	<i>spekii</i>	05.04.2010	24.04.2021	11y, 0m, 19d	221	103,09	73,53	219	F
traspeM001	<i>Tragelaphus</i>	<i>spekii</i>	18.02.2020	18.05.2021	1y, 3m, 0d	73	69,76	54,2	175,52	M
traspeM002	<i>Tragelaphus</i>	<i>spekii</i>	21.01.2021 nebo11.01.20 21	29.06.2021	5 m, 8 d nebo 5m, 18d	97	78,33	58,2	179,43	M
traspeM003	<i>Tragelaphus</i>	<i>spekii</i>	26.11.2012	06.10.2021	8y, 10m, 10d	292	130,90	83,54	241	M
traspeM004	<i>Tragelaphus</i>	<i>spekii</i>				109	73,98	60,94	188,29	
trastrF001	<i>Tragelaphus</i>	<i>strepsiceros</i>	11.03.2007	03.03.2021	13y, 11m, 20d	670	157,89	108,45	318	F
trastrF002	<i>Tragelaphus</i>	<i>strepsiceros</i>	22.08.2009	26.04.2021	11y 8m, 4d	604	152,44	116,86	315,37	F
trastrF003	<i>Tragelaphus</i>	<i>strepsiceros</i>				59	38,08	45,34	148,1	
trastrF004	<i>Tragelaphus</i>	<i>strepsiceros</i>	28.02.2010	16.06.2022	12y, 4m, 18d	688	159,6	114,3	301	F
trastrF005	<i>Tragelaphus</i>	<i>strepsiceros</i>	13.07.2020	27.11.2022	2y, 4m, 14d	528	144,76	103,03	292	F

Příloha 2 – Počet a hodnoty os cordis od všech, pro tuto studii, získaných jedinců

ID	počet os cordis	objem os cordis (cm3)	délka os cordis (cm)	šířka os cordis (cm)	max. denzita	prům. denzita	objem 2. os cordis	délka 2. os cordis	šířka 2. os cordis	max denzita 2. os cordis	průměrná denzita 2. os cordis
addnasM001	1	0,1012	1,44	0,45	331	165,47					
addnasM002	1	0,2227	2,35	0,41	452	186					
aepmelF001	0										
aepmelF002	2	0,132	1,68	0,64	788	245,5	0,0282	0,96	0,21	1231	303,81
aepmelM001	0										
aepmelM002	0										
ammlerF001	2	0,1422	2,27	0,33	489	192,6	0,0562	0,97	0,62	425	214,49
ammlerF002	1	0,0461	0,95	0,21	182	129,48					
antmarF001	1	0,0369	1,15	0,2	633	265,78					



eutdthoM002	0											
gircamF001	1	6,8287	6,2	1,72	1472	387,32						
girretF001	2	5,1677	10,2	1,96	1057	300,66	2,2336	4,37	1,41	850	295,76	
hipequF001	1	0,7724	2,52	0,92	935	289,72						
hipequF002	1	0,2642	1,47	0,49	1096	309,07						
hipequF003	0											
hipequF004	1	0,2919	1,65	0,57	1074	271,49						
hipequF005	1	0,4428	2,42	0,68	782	260,86						
hipequF006	2	0,4686	2,11	0,73	1154	333,58	0,0386	0,54	0,19	1117	309,33	
hipequF007	1	0,3635	2,14	0,57	713	235						
hipequM001	0											
hipequM002	1	0,1606	1,69	0,79	647	225,39						
hipequM003	0											
hipequM004	0											
hipequM005	0											
hipnigF002	1	0,4319	2,34	0,53	1579	426,42						
hipnigF003	0											
hipnigF004	0											
hipnigM002	0											
hipnigM003	0											
hipnigM004	0											
hipnigM005	1	0,0144	0,33	0,2	435	181						
hipnigM006	0											
hipnigM007	1	0,0075	0,21	0,1	306	154,65						
kobellF001	1	0,4295	1,78	0,73	527	181,85						
kobellF002	1	0,3474	1,75	1,08	575	223,31						
kobellF003	0											
kobellF004	0											
kobellM001	0											
kobellM002	0											
kobellM003	1	0,7749	2,77	0,92	812	268,81						
kobellM004	1	0,0556	0,55	0,28	369	173,82						
kobellM005	1	0,3264	1,5	0,66	518	231,35						
koblecF001	0											
koblecF002	1	0,0241	0,43	0,18	854	267,54						
koblecF003	1	0,0133	0,38	0,11	851	269,05						
koblecF004	1	0,0052	0,17	0,33	446	195						
koblecF005	0											
koblecM001	0											
koblecM002	0											
koblecM003	0											
koblecM004	0											
koblecM005	0											
kobmegM001	0											
kobmegM002	0											
madkirF001	1	0,0035	0,35	0,1	236	140,86						
madkirM001	1	0,0033	0,22	0,13	392	190,86						
madkirM002	1	0,0122	0,3	0,26	370	166,23						
munreeF001	1	0,0277	0,98	0,36	910	281,66						
orybeiF001	2	0,2511	1,98	0,54	743	239,79	0,0065	0,25	0,14	444	194,15	
orybeiM001	1	0,2163	1,4	0,42	435	192,32						
orydamF001	1	0,1598	1,35	0,43	408	183,76						

orydamF002	1	0,1991	1,61	0,37	1044	250,91						
orydamM001	1	0,3355	2,19	0,57	1020	255,92						
panparM001	0											
phophoU001	0											
redfulF001	0											
redfulF002	0											
redfulF003	2	0,1121	1,85	0,4	414	170,67	0,0087	0,7	0,13	354	173,52	
redfulF004	2	0,0785	1,72	0,19	513	179,36	0,0301	0,78	0,2	508	234,98	
rusalfF001	1	0,0341	0,83	0,27	622	255,53						
syncafF001	1	1,1449	2,95	1,4	874	250,75						
syncafF002	1	0,787	2,67	0,95	869	241,72						
syncafF003	1	1,4457	3,07	1,31	650	239,82						
syncafF004	1	2,1502	3,53	1,96	887	258,24						
syncafF005	1	2,0199	4,26	1,96	697	239,23						
syncafF006	1	1,8953	3,54	1,02	705	235,77						
syncafF007	0											
syncafM001	1	1,3001	2,62	1,58	710	216,34						
syncafM002	0											
syncafM003	1	0,8239	2,17	1,25	833	259,36						
syncafM004	1	0,7293	2,23	1,02	562	224,3						
syncafM005	0											
synnanF001	2	1,032	3,34	0,88	918	295,79	0,1765	0,9	0,71	964	370,76	
synnanF002	0											
synnanU001	0											
tauoryF001	1	0,1247	1,52	0,42	322	145,04						
tauoryF002	1	0,1069	1,45	0,32	202	128,16						
tauoryF003	1	0,0269	1,02	0,38	158	113,83						
tauoryF004	1	0,069	1,21	0,37	197	124,89						
tauoryF005	1	0,2141	1,69	0,54	345	145,04						
tauoryM001	1	0,0657	1,86	0,62	160	113,46						
tauoryM002	1	0,0212	0,57	0,23	185	116,13						
tauoryM003	2	0,2193	1,74	0,73	580	259,21	0,0742	1,14	0,38	794	262,02	
tauoryM004	0											
tauoryM005	1	0,2424	2,34	0,63	278	137,09						
traangF001	2	0,395	2,62	0,86	648	274,59	0,0209	1,23	0,42	484	201,72	
traangF002	2	0,1721	1,91	0,54	499	216,53	0,0061	0,35	0,14	505	207,46	
traangF003	1	0,0869	1,05	0,33	414	186,51						
traangF004	2	0,4041	3,14	0,73	610	237,43	0,1579	2,15	0,4	966	251,15	
traangF005	2	0,5843	3,48	0,98	1676	305,36	0,1763	1,59	0,63	1259	270,1	
traangF006	1	0,0176	0,47	0,18	496	216,8						
traangM001	1	0,1892	1,65	0,49	475	185,36						
traangM002	0											
traangM003	2	0,5752	2,62	0,9	626	235,06	0,0719	0,95	0,18	419	176,2	
traangM004	1	0,1201	1,54	0,4	375	183,19						
traangM005	0											
traeurF001	2	0,9718	4,16	0,94	1027	362,86	0,052	0,97	0,49	1116	414,27	
traeurM001	2	1,6058	5,91	0,79	1273	378,57	0,1796	1,8	0,36	520	254,98	
traimbF002	0											
traimbF003	1	0,3341	2,23	0,49	491	254,35						
traimbF004	2	0,4115	2,58	0,91	589	189,08	0,0149	0,41	0,17	404	201,48	
traimbF005	1	0,5631	2,84	0,86	705	195						
traimbF006	2	0,5595	2,9	0,72	679	219	0,0055	0,23	0,08	418	195	

traimbF007	2	0,5129	2,74	0,94	557	205	0,0753	0,72	0,36	737	244
traimbF008	2	0,6442	3,15	1,4	529	181	0,0631	1,18	0,33	510	182
traimbM001	2	0,6027	2,88	0,66	332	172,96	0,0132	0,27	0,1	648	197,59
traimbM002	0										
traimbM003	1	0,1129	1,45	0,33	490	216,98					
traimbM004	0										
traimbM005	2	0,5987	3,19	0,69	834	248,64	0,0846	0,86	0,45	917	265,46
tranigF001											
traspeF001	0										
traspeF002	1	0,1209	1,79	0,8	505	216,71					
traspeM001	0										
traspeM002	0										
traspeM003	2	0,2647	2,38	0,91	406	177,38	0,0202	0,47	0,28	299	165,11
traspeM004	0										
trastrF001	2	0,6005	2,74	0,6	422	181,94	0,0125	0,23	0,1	650	206,3
trastrF002	1	0,1266	1,98	0,3	431	171,6					
trastrF003	0										
trastrF004	2	0,6199	2,54	0,7	698	246,36	0,1327	1,92	0,65	885	312,25
trastrF005	1	0,0202	0,41	0,23	264	142,94					